

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ



Memòria

Autor: Àlex Paez Garcia

Director: Miguel Angel Brigos Hermida

Convocatòria: Maig 2018

Resum

El projecte de final de grau que s'ha dut a terme, consisteix en dissenyar un paletitzador cartesià capaç d'agrupar automàticament caixes de cartró que arriben d'una cinta transportadora de rodets (inclosa en l'estructura del paletitzador dissenyat), a l'espai on s'hi col·loca un palet.

Primer de tot, s'ha fet un estudi general de la història, l'ús i els diferents palets que existeixen. També s'ha fet una recerca dels diferents paletitzadors del mercat, per poder comprendre el sector de l'empaquetament. Aquest estudi ajuda a conèixer les necessitats bàsiques que ha d'oferir un paletitzador, i trobar les carències que presenten més habitualment, per poder dissenyar una versió millorada.

S'ha dissenyat l'estructura d'una primera idea de paletitzador i s'han realitzat els càlculs corresponents. Per verificar-los, se'n construeix un prototip que ha permès comprovar com reaccionava l'estructura.

Un cop analitzat el funcionament del prototip, s'observen certes errades i punts crítics que cal millorar, per tant, s'han calculat totes les modificacions necessàries i s'han redissenyat per assegurar corregir aquests punts.

S'han dissenyat dos models diferents de paletitzador. Aquests estan diferenciats en la forma que transmeten la potència, els elements que subjecten a l'estructura els motors i en el cost de la programació. Per poder escollir quin model de paletitzador serà més viable de construir, s'han realitzat dos pressupostos, un per cada model.

Finalment, s'han simulat les peces més crítiques dels paletitzadors amb el programa de disseny CAD *Solidworks*, per comprovar el correcte disseny i funcionament. També s'han dibuixat els plànols de les peces per fabricar, inclòs els plànols per poder muntar els paletitzadors.

Resumen

El proyecto de final de grado que se ha realizado, consiste en diseñar un paletizador cartesiano capaz de agrupar automáticamente cajas de cartón que llegan de una cinta transportadora de rodillos (incluida en la estructura del paletizador diseñado), al espacio donde se coloca el palet.

Antes que nada, se ha realizado un estudio general de la historia, el uso y los diferentes palets que existen. También se ha hecho una búsqueda de los diferentes paletizadores del mercado, para poder comprender el sector del empaquetamiento. Este estudio ayuda a conocer las necesidades básicas que debe ofrecer un paletizador, y encontrar las carencias que presentan más habitualmente, para poder diseñar una versión mejorada.

Se ha diseñado la estructura de una primera idea de paletizador y se han realizado los cálculos correspondientes. Para verificarlos, se construye un prototipo que ha permitido comprobar cómo reaccionaba la estructura.

Una vez analizado el funcionamiento del prototipo, se observan ciertos errores y puntos críticos que hay que mejorar, por tanto, se han calculado todas las modificaciones necesarias y se han rediseñado para asegurar corregir estos puntos.

Se han diseñado dos modelos diferentes de paletizadores. Estos están diferenciados en la forma que transmiten la potencia, los elementos que sujetan los motores a la estructura y en el coste de la programación. Para poder elegir qué modelo de paletizador será más viable de construir, se han realizado dos presupuestos, uno para cada modelo.

Finalmente, se han simulado las piezas más críticas de los paletizadores con el programa de diseño CAD *Solidworks*, para comprobar el correcto diseño y funcionamiento. También se han dibujado los planos de las piezas para fabricar, incluido los planos para poder montar los paletizadores.

Abstract

The final project degree that has been carried out consists in designing a cartesian palletizer capable of automatically grouping cardboard boxes that arrive from a roller conveyor (included in the structure of the palletizer designed), in the space where the pallet resides.

First of all, a general study of its history, its usage and of different kind of pallets that exist nowadays have been done. There has also been research of the different palletizers on the market to be able to understand the packaging sector. This study helps to get to know the basic needs that a palletizer must offer, and to find the deficiencies that they present most commonly, in order to be able to design an improved version.

The structure of a first palletizer idea has been designed and its corresponding calculations have been performed. To verify them, a prototype has been constructed that has allowed to check how the structure reacted.

Once the functionality of the prototype has been analysed, certain errors and critical points that have to be improved are observed, therefore, all the necessary modifications have been calculated and redesigned to correct these points.

Two different models of palletizers have been designed in the end. These are differentiated in the way they transmit the power, in the elements that subject the engines to the structure and in the cost of their programming. To be able to choose which palletizer model will be more viable to build, two budgets have been made, one for each model.

Finally, the most critical parts of palletizers have been simulated with a CAD design program called *Solidworks*, to check the correct design and operation of the pieces. The drawings of the pieces to be manufactured have been drawn, including the drawings to be able to assemble the palletizers.



Agraïments

Després d'un intens període de vuit mesos, escric aquest apartat d'agraïments per finalitzar el meu treball de fi de grau. Ha estat un període d'aprenentatge intens, no només en el camp científic, sinó també a nivell personal. Aquest treball ha tingut un gran impacte en mi, i és per això que m'agradaria agrair a totes aquelles persones que m'han ajudat i recolzat durant aquest procés.

Primer de tot, agrair a la meva família, especialment als meus pares, no només pel suport que m'han mostrat durant la realització d'aquest treball, sinó per haver estat cada dia animant-me a continuar, tant en els bons, com especialment en els mals moments, recordant-me que era capaç de tirar-ho endavant. Si he arribat fins aquí és gràcies a vosaltres, gràcies per estar sempre al meu costat.

A l'empresa OPERBER, per dipositar la seva confiança en mi, oferint-me la possibilitat de realitzar aquest treball. A tots els companys de feina per la seva col·laboració, especialment a Carlos Flores, qui des del primer moment es va involucrar totalment ajudant-me amb tot el que necessitava. Agradeixo enormement tots els recursos i els coneixements que vas posar en les meves mans perquè pogués aprofundir al màxim en el desenvolupament d'aquest projecte.

Finalment, també mencionar a Miguel Brigos, tutor d'aquest treball, a qui agraeixo la seva disponibilitat en els moments que li he demanat ajuda, pels seus consells i la seva dedicació.



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
1. PREFACI	1
1.1. Origen del treball	1
1.2. Motivació	1
2. INTRODUCCIÓ	2
2.1. Objectius del treball	2
2.2. Abast del treball	2
3. DADES A CONÈIXER	3
3.1. Introducció a la paletització	3
3.2. El palet	4
3.2.1. Tipus de palets segons les seves característiques	6
3.2.2. Normativa Tècnica Sectorial dels palets estàndards	10
3.2.3. Principis generals per la construcció de palets	11
3.3. Els paletitzadors	16
3.3.1. Paletitzadors convencionals o cartesianes	17
3.3.2. Paletitzadors robotitzats	19
4. ESTUDI I DESENVOLUPAMENT DEL DISSENY	21
4.1. Especificacions bàsiques del paletitzador	21
4.2. Desenvolupament del primer disseny	22
4.2.1. Elements de l'estructura	24
4.2.2. Moviment lineal	26
4.2.3. Unions entre els actuadors lineals i l'estructura	32
4.2.4. Primera selecció de motoreductors	34
4.2.5. Dispositius de detecció de la posició	38
4.2.6. Eixos	42
4.2.7. Adaptadors	46
4.3. Primera proposta de disseny	48
4.4. Millores a realitzar del primer disseny	50

4.4.1.	Fixació de l'estructura	50
4.4.2.	Modificació dels eixos dels actuadors en X	52
4.4.3.	Suports per als eixos dels actuadors en X.....	52
4.4.4.	Protecció per als eixos dels actuadors en X.....	54
4.4.5.	Decisió dels motoreductors	55
4.4.6.	Fixació d'un punt zero pel palet.....	55
4.5.	Actuador rotatiu	56
4.5.1.	Classificació dels actuadors rotatius.....	57
4.5.2.	Selecció de l'actuador rotatiu	61
4.5.3.	Placa d'unió entre l'actuador rotatiu i el sistema de subjecció del producte.....	62
4.5.4.	Placa d'unió entre l'actuador rotatiu i l'actuador lineal Z.....	63
4.6.	Sistema de manipulació del producte.....	64
4.6.1.	Equips de buit.....	65
4.6.2.	Ventoses de buit.....	71
4.6.3.	Elements de control del sistema.....	73
4.6.4.	Selecció del sistema de buit.....	75
4.7.	Arribada del producte.....	77
4.8.	Segona selecció de motors	78
4.8.1.	Servomotors.....	79
4.8.2.	Selecció dels servomotors	82
4.9.	Modificacions per adaptar els servomotors	84
4.9.1.	Acoblament de l'eix de l'actuador lineal amb l'eix del servomotor.....	84
4.9.2.	Nous eixos dels actuadors lineals	85
4.9.3.	Nous adaptadors.....	88
4.10.	Dissenys final.....	89
4.10.1.	Model de paletitzador amb motoreductors.....	89
4.10.2.	Model de paletitzador amb servomotors.....	90
4.11.	Programació del paletitzador	90
4.11.1.	Automatització del disseny amb motoreductors	91
4.11.2.	Automatització del disseny amb servomotors	93
4.12.	Decisió final.....	95
ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL		98
CONCLUSIONS		100
Objectius assolits		100
Valoració personal		101

BIBLIOGRAFIA	103
ÍNDEX D'IMATGES	106
ÍNDEX DE TAULES	110
ÍNDEX DE GRÀFICS	111



1. Prefaci

1.1. Origen del treball

Escollir el disseny d'un paletitzador cartesià ha sigut un repte que l'empresa OPERBER S.L., on actualment estic treballant, em va oferir.

OPERBER és una empresa que es dedica principalment al disseny i fabricació de cintes transportadores i estructures de seguretat, però el ràpid creixement durant els últims anys ha portat a l'empresa a voler continuar creixent en altres àmbits a part de les cintes i les estructures. Un d'ells és el *packaging* a través del disseny de paletitzadors.

A partir d'aquest projecte la idea és aconseguir tindre un catàleg amb diferents models de paletitzadors per poder donar a escollir al client, depenent de les necessitats que requereixi, a més a més de tindre l'opció de poder demanar-lo personalitzat.

1.2. Motivació

Poder ajudar a l'empresa a continuar creixent entrant en un sector nou per ells, a part del repte personal que suposa pel projectista.

Per descomptat, un altre punt important és el coneixement es pot podria adquirir a mesura que el treball anés avançant. Cada vegada més empreses s'estan interessant en automatitzar les línies de producció, per tant, és un tema actual que estant en constant desenvolupament podria adquirir molta informació i tindre contactes amb gent del sector.

Finalment, i relacionat amb el punt anterior, es pot créixer i agafar experiència dins del món laboral.

2. Introducció

2.1. Objectius del treball

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar i construir un paletitzador cartesià amb la intenció de comercialitzar-lo.

Els aspectes més importants a l'hora del disseny, i amb la motivació de poder diferenciar-lo dels demés paletitzadors del mercat serien:

- Intentar reduir al màxim el cost i que pugui ser adquirit per una petita/mitjana empresa.
- Que sigui compacte per poder-lo transportar fàcilment amb una traspaleta.
- Reduir al màxim l'espai que ocuparà el paletitzador per no ocupar un gran volum.
- Aconseguir la màxima versatilitat possible, és a dir que es pugui configurar per diferents mides de caixes.

2.2. Abast del treball

L'abast del treball és el disseny mecànic d'un paletitzador cartesià realitzat des de zero, on es desenvolupa una idea bàsica del que es vol.

A mesura que es van estudiant els diferents problemes que comportava la idea inicial el disseny anirà evolucionant per fins arribar al nivell final de disseny, tenint en compte les restriccions esmentades en els objectius del treball per intentar aconseguir la màxima competitivitat al mercat.

Es realitzen els càlculs i les simulacions per demostrar que l'estructura és viable i funcional mecànicament. A més, es construeix un prototip per observar realment el funcionament del paletitzador per poder extreure'n conclusions, tirar endavant el projecte i ser capaç d'anar millorant fins el disseny final.

3. Dades a conèixer

Per poder iniciar aquest projecte, és necessari submergir-se en el món industrial i estudiar les funcionalitats dels paletitzadors per així entendre quines són les necessitats d'avui dia i quins seran els punts claus a l'hora de dissenyar un paletitzador.

És important també fer un petit repàs al passat, al moment en que es comencen a utilitzar càrregues paletitzades, ja que sense això no es pot entendre com i per que aquest sector ha revolucionat tant el sector industrial.

S'han d'analitzar les necessitats de les empreses en l'actualitat per ser conscient de què és el que es necessita, per tant, s'ha de realitzar un estudi de les diferents opcions que ens pot oferir, conèixer els elements del qual està construït, les normatives bàsiques que s'apliquen tant de seguretat com de funcionalitat, el per què són així actualment i fins quin punt es pot arribar fent l'estudi de tot el disseny.

3.1. Introducció a la paletització

Es pot descriure l'acte de paletitzar com l'acció d'acumular sobre una superfície (palet) una certa quantitat de productes amb la finalitat de formar una unitat per facilitar el maneig de tots aquests a la vegada i que puguin ser transportats i emmagatzemats amb el mínim esforç i en una sola operació .



Il·lustració 1. Palet paletitzat

La utilització de productes paletitzats va començar durant la segona guerra mundial per poder distribuir d'un lloc a un altre, de manera ràpida i eficaç, aliments, medicines, materials militars com per exemple armes, etc.

La paletització ha sigut considerada com una de les millors pràctiques dels processos logístics. Les seves característiques i beneficis són:

- Augment en la productivitat dels treballadors, ja que requereix una menor quantitat de ma d'obra en les operacions.
- Disminució dels temps de càrrega, descàrrega i emmagatzematge, per tant, implicarà una disminució els costos finals.
- Menys manipulació de productes, així s'aconsegueix disminuir el número de ruptures i danys dels objectes durant la seva manipulació.
- Optimització de l'espai disponible en el magatzem, gràcies a les estanteries per palets, que ajuden a aconseguir un ordre correcte en l'emmagatzematge.
- Es simplifica el procés de control d'inventaris i de l'estoc.
- Es facilita la recepció i el control de les entregues.
- Potencia l'eficàcia a l'hora de la distribució de les mercaderies i en la preparació de les comandes.

És un fet que avui dia, les necessitats logístiques plantejades per la globalització de mercats ha donat lloc a l'alta competitivitat entre les empreses, influint de forma directa en la pràctica emprada al llarg de les cadenes de subministrament, obligant a seguir uns procediments cada vegada més estandarditzats, exigint més facilitat i agilitat en els processos i alhora, intentant reduir els costos operacionals amb l'objectiu de consolidar les relacions amb el client i a la vegada, amb el consumidor final.

3.2. El palet

El palet, també anomenat paleta o estiba, és una plataforma horitzontal, d'estructura definida a les necessitats del mercat emprada com a base per l'assemblatge, l'emmagatzematge, el maneig i el transport de mercaderies i càrregues d'una manera compacta i ordenada. Permet manipular i emmagatzemar en un sol moviment diversos objectes poc manejables, pesats o voluminosos.

Es caracteritza per tenir una alçada mínima compatible amb els equips de transport o maneig de materials com muntacàrregues, transpalets, etc.

La fusta ha sigut un material històricament utilitzat per transportar mercaderies sense importar l'origen, el destí i la forma (caixes, barrils, etc.).

Va ser a l'inici de la dècada del 1920, a les fàbriques americanes, quan va aparèixer el precursor al palet en forma de patí de fusta, juntament amb la invenció d'uns carretons elevadors de gran altura, molt similars a la maquinària utilitzada avui dia, els quals van ajudar a incrementar els volums i la varietat de mercaderies que es podien manejar, desenvolupant un emmagatzematge més eficient en els magatzems. Aquest avanç logístic va ser molt important ja que, en els inicis, la càrrega de les mercaderies es realitzava a ma, o amb una xarxa, per poder agrupar el carregament, enganxada a una grua amb un sistema de politges per poder pujar-ho als vaixells.

L'origen del palet de fusta va ser l'any 1925 i va permetre un transport de mercaderies més segur i més eficient, el qual va permetre poder descarregar en hores el que abans es descarregava en dies. Originalment, el palet era una planxa de fusta que va permetre carregar altures d'apilats més altes, reduir els temps desplaçant les càrregues, minimitzar els esforços a l'hora de carregar les mercaderies i millorar l'estabilitat de l'apilat, reduint accidents i ruptures.

L'evolució del palet va ser la causa de que els magatzems fossin redissenyats i reconstruïts per emmagatzemar aquest tipus de mercaderia, permetent un increment en el volum d'emmagatzematge i alhora, significant una reducció dels costos laborals.

Com molts dels avanços en logística o en la tecnologia, la invenció i l'explosió de l'ús del palet té origen militar. La importància de proveir a l'exèrcit de municions, aliments o medicines de la forma més ràpida i eficient possible, ha sigut sempre un punt vital per a la victòria en una guerra. Així doncs, els palets han exercit un paper important en el maneig de mercaderies des de abans de la segona guerra mundial i junt amb els avenços en la maquinària, han tingut una influència substancial en la manipulació, en l'emmagatzematge i en el transport de materials i productes en tot el món.

Finalment, la revolució del palet va arribar quan van aparèixer els primers muntacàrregues, el palet es va redissenyar totalment per adaptar-se-li. Aquesta evolució va permetre reduir enormement els costos de manipulació i els costos d'emmagatzematge al poder apilar els palets l'un sobre l'altre, i a la vegada es va augmentar moltíssim la velocitat de càrrega i descàrrega, aconseguint carregar i descarregar les mercaderies en molt menys temps.

Els primers palets es fabricaven de fusta, ja que era un material econòmic i fàcil d'aconseguir. Actualment podem trobar palets fabricats a partir de diversos materials (cartró, plàstic, ferro, fibra premsada, etc.) on s'utilitza un tipus o un altre en funció de la aplicació, del medi que es pot trobar el palet o depenent del sector al que vagin dirigits.

3.2.1. Tipus de palets segons les seves característiques

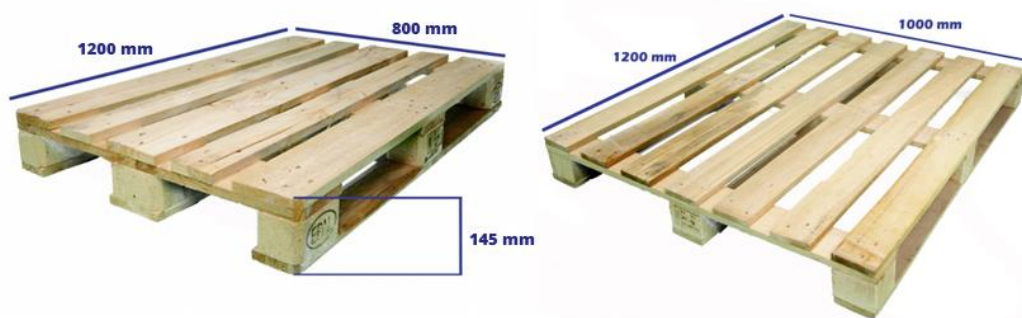
Encara que puguem pensar que tots els palets són iguals, la realitat és que hi ha diferents tipus, diferenciats per les mides i els materials dels quals estan fabricats. Existeixen mides i característiques d'estàndards internacionals, que engloben les dimensions, la forma i els materials dels diferents palets amb els que podem treballar.

Les principals diferències que podem trobar entre els palets són:

- *Dimensions:*

Els dos tipus de palets més utilitzats actualment són l'europeu (1200x800x145) i l'americà o universal (1200x1000x145), aquests, deuen el seu nom a les zones en les que predomina cadascun. Que siguin els més utilitzats no és un casualitat, estan adaptats a les mides de les caixes dels remolcs dels camions, els quals mesuren 2400 mm, tenint la opció de poder col·locar a l'ample de la caixa dos palets horitzontals o tres de verticals en el cas de l'europeu. Les dues dimensions es troben entre les sis mides estandarditzades que recull la Organització Internacional per la Estandardització (ISO), per al maneig de mercaderies.

A més d'aquestes mides, hi ha moltes més de no estandarditzades, com per exemple el mig palet que es fa servir a Espanya (600x800x140), ja que s'ha de tenir en compte que les mides s'escullen per motius totalment funcionals. Degut a això, fins i tot hi ha la possibilitat de comprar-los amb mides personalitzades depenent de l'ús i les necessitats requerides, sempre considerant en optimitzar els espais i els costos relacionats amb el transport que dependran d'aquestes mides.



Il·lustració 2. Palet europeu i palet americà

- *Número d'entrades:*

El número d'entrades és la quantitat de costats pels que es pot introduir la màquina amb la que s'ha de moure el palet. N'hi ha dues varietats diferents; de dos entrades i de quatre entrades.

Els palets de dues entrades tenen dos costats oberts, oposats l'un davant de l'altre, i els altres dos costats no disposen d'obertura, estan tancats, per tant només és possible manipular el palet per les dues bandes obertes.

En canvi, els palets de quatre entrades són accessibles per qualsevol dels seus quatre costats, el que suposa una millor facilitat a l'hora de treballar amb ells, especialment si fem servir màquines per transportar-los com per exemple transpalets manuals o toros mecànics.



Il·lustració 3. Palet de dues entrades

- *Reversibles:*

El més freqüent és que els palets tinguin una única base i per sota tinguin peus o tacs per recolzar-se, encara que existeix una alternativa; el palet reversible, que com indica el seu nom, pot admetre càrregues per la part superior o per la part inferior ja que són idèntiques.

Podem veure'n un exemple en la **Il·lustració 3**.

- *Manipulació:*

Depenent de la manipulació que tenen els palets, es poden dividir en dos grups; els palets caixa o els palets amb aletes.

Els palets caixa són completament rectes, sense elements que sobresurten per les cantonades. En canvi els palets amb aletes, disposen de pestanyes en dos o en quatre dels costats. Aquests sortints tenen la finalitat de facilitar posteriorment la utilització dels sistemes de subjecció.



Il·lustració 4. Palet amb aletes

- *Materials:*

Avui dia, hi ha moltíssimes varietats de palets pel que es refereix al material del que estan compostats, alguns dels més estàndards i utilitzats són:

Fusta:

Els palets més emprats, amb diferència, són els de fusta. Representen a prop d'un 90% del mercat de palets. Les raons d'aquesta utilització tant massiva són:

- La fusta no és un material car, per tant aquest tipus de palets són econòmics, disposen d'una alta resistència. Presenten una gran facilitat per ser utilitzats per l'emmagatzematge i també capacitat per ser reparats (ja que es poden substituir llistons o tacs danyats per altres nous).
- La vida útil d'un palet estàndard acostuma a ser d'uns 5 anys, es a dir, que presenta una degradació d'un 20% anualment.

Entre els seus inconvenients, trobem una propensió als desperfectes deixant estelles, claus, tacs o trossos de fusta solts. També sofreixen problemes degut a la humitat, que pot arribar a podrir la fusta o produir l'aparició de bacteries. Per últim, degut a la mala resistència a la humitat, resulten difícils de netejar i desinfectar.

Plàstics:

Després dels palets de fusta, aquests són els més emprats. Cada vegada s'utilitzen més ja que:

- El plàstic és fàcil de desinfectar en cas de que hagi estat en contacte amb qualsevol tipus de bactèria. Gràcies a aquest punt, els palets de plàstic han guanyat terreny en l'exportació respecte als palets de fusta.

- La seva vida útil és superior als palets de fusta. Tenen una major durabilitat, una bona resistència al clima i als cops que se'ls hi pugui donar.
- No presenten la problemàtica de les estelles i el claus, el qual és un punt positiu a tindre en compte.

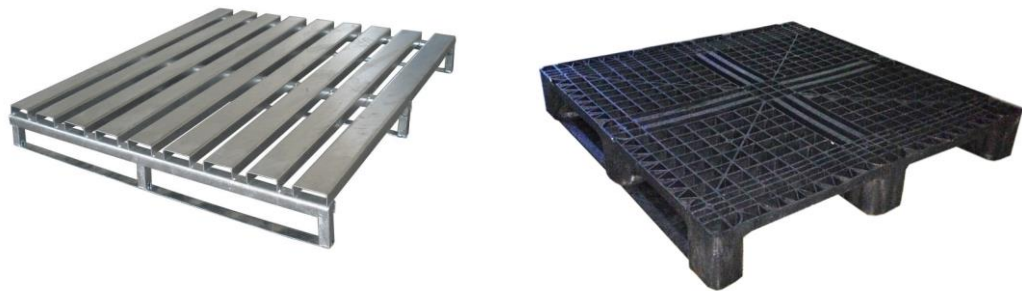
Com a part negativa podem destacar que no sempre són fàcils d'ubicar en estanteries. Arreglar-los és més difícil ja que s'han de refer completament, això si, són completament reciclables.

Metall:

Els palets de metall, habitualment d'alumini o d'acer, són els més durs i resistents. S'utilitzen bàsicament per transportar càrregues molt pesades o que hagin de passar per circumstàncies adverses, com l'emmagatzematge durant un temps prolongat en exteriors, ja que són resistents a les inclemències del clima i a les plagues.

Com els de plàstic, no presenten estelles ni claus i tenen un nivell d'higiene molt alt, el que és apreciat per les empreses amb alts requisits sanitaris.

Els fabricants estan intentant reduir el pes d'aquests, que sol ser bastant més elevat que els dels altres palets, per així poder reduir el cost que això suposa en el transport. Degut a aquest inconvenient, el seu preu és el més alt de tots pel que la seva presència al mercat és limitada.



Il·lustració 5. Palet de metall i palet de plàstic

Cartró:

Els palets de cartró tenen usos més restringits degut a les seves característiques, però poden ser la millor opció en determinades circumstàncies com, per exemple, el transport de productes lleugers. Tenen una bona rigidesa tenint en compte el seu pes, que alhora, els fa barats de transportar.

Lògicament no es poden reutilitzar moltes vegades, degut a que el cartró no té una vida útil massa llarga, sent sovint utilitzats en només una sola ocasió.

Un altre punt negatiu que tenen és que no són aptes per la utilització en espais a l'aire lliure.

3.2.2. Normativa Tècnica Sectorial dels palets estàndards

La Norma Tècnica Sectorial estableix, per a cada regió, els requisits que han de complir i els assajos als que han d'estar sotmesos els palets, amb l'objectiu de que tots els sectors involucrats en l'intercanvi d'unitats logístiques per mitjà d'entregues paletitzades, comptin amb unes eines comunes que els faciliti les operacions de transport i la manipulació dels productes.

- *Requisits del palet:*

El material del qual ha d'estar fabricat el palet ha de ser fusta, ha de ser no reversible i tindre quatre entrades.

- *Dimensions externes:*

Les dimensions externes són tal i com es descriuen en l'apartat **3.2.1**, i les seves toleràncies per a l'amplada, la llargada i l'alt són ± 3 mm, ± 3 mm i ± 7 mm respectivament.

- *Capacitat nominal i construcció:*

El palet, ja sigui en estàtic o en moviment, ha de poder suportar una càrrega de fins a 1000 kg sense sofrir canvis en l'estructura.

Els llistons de la base i els tacs que es troben a les cares adjacents han de formar un angle recte entre elles i les superfícies de càrrega han de ser planes i paral·leles a la superfície inferior.

- *Pes:*

El palet ha de tenir un pes mitjà d'uns 30 kg amb una tolerància de ± 2 kg.

- *Requisits de la fusta:*

- Tipus de fusta: Per elaborar els palets s'han d'utilitzar fustes originaries de boscos cultivats, per tant, el fabricant del palet ha de garantir que la fusta ha sigut immunitzada i a més, ha de presentar l'autorització per a la explotació i comercialització.
- Densitat: Les fustes utilitzades en la fabricació de palets han de tenir una densitat entre 0,40 g/cm³ i 0,50 g/cm³.
- Humitat: La humitat de la fusta ha de ser d'un 20% amb una tolerància de ± 2 %.

3.2.3. Principis generals per la construcció de palets

- *Posició i forma de la càrrega:*

Com a norma general, la càrrega s'ha de col·locar a ras de les vores del palet o lleugerament avançada i, sempre, perfectament vertical. Amb aquesta pràctica se'n beneficien els processos de càrrega, de descàrrega, la manipulació i l'emmagatzemat.

- *Estructura i cohesió de la càrrega:*

Una perfecta estructura de càrrega proporciona un augment en la estabilitat, reduint el risc de ruptures i pèrdues.

- *Modulació i definició de l'empaquetatge d'acord amb el palet i la demanda:*

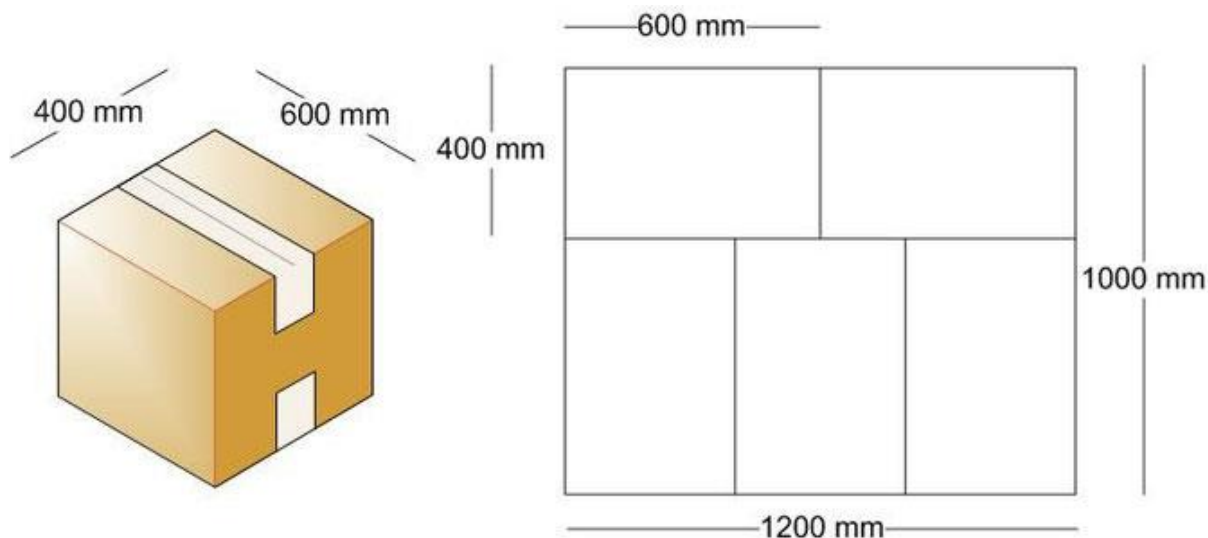
És un punt important a tenir en compte l'adaptació de l'empaquetatge dels productes procurant que s'aprofiti al màxim el palet, ja que no qualsevol apilament és correcte.

Per gaudir de la màxima seguretat en el transport i a l'hora de tenir els productes emmagatzemats, s'ha de buscar la manera més idònia d'apilar la mercaderia, intentant aprofitar al màxim la superfície del palet ja que el bon aprofitament d'aquest, també proporcionarà una bona estabilitat. Això implica intentar rectificar, si es pot, la mida de les caixes per quadrar-les amb la superfície del palet. Per poder aconseguir-ho, existeixen innumerables softwares de paletització i cubicatge, els quals són molt recomanats per afrontar un procés d'entregues paletitzades.

A part dels softwares, existeixen configuracions predeterminades de modulació d'unitats logístiques representades en caixes per als palets. Aquestes configuracions estàndards, ajuden a treure el màxim rendiment als embalatges secundaris depenent de l'espai disponible i del tipus de palet emprat. A la vegada, també tenen en compte l'estabilitat a l'hora d'apilar diverses caixes.

L'embalatge modular consisteix en l'ús d'embalatges secundaris (caixes) on les dimensions externes corresponen a la mida bàsica modular de 600x400mm o d'un nombre derivat múltiple d'aquests compres entre 100x150mm i 600x400mm, per permetre mosaics de paletització de configuracions més senzilles.

Podem veure un exemple de configuració de modulació per un palet en la **II·l·lustració 6**. No obstant, hi ha una infinitat de possibilitats.



Il·lustració 6. Exemple de configuració de modulació d'un palet universal

- *Qualitat dels assemblatges:*

La resistència dels embalatges i les seves dimensions són factors claus en la productivitat de la manipulació de la unitat de càrrega i la conservació dels productes.

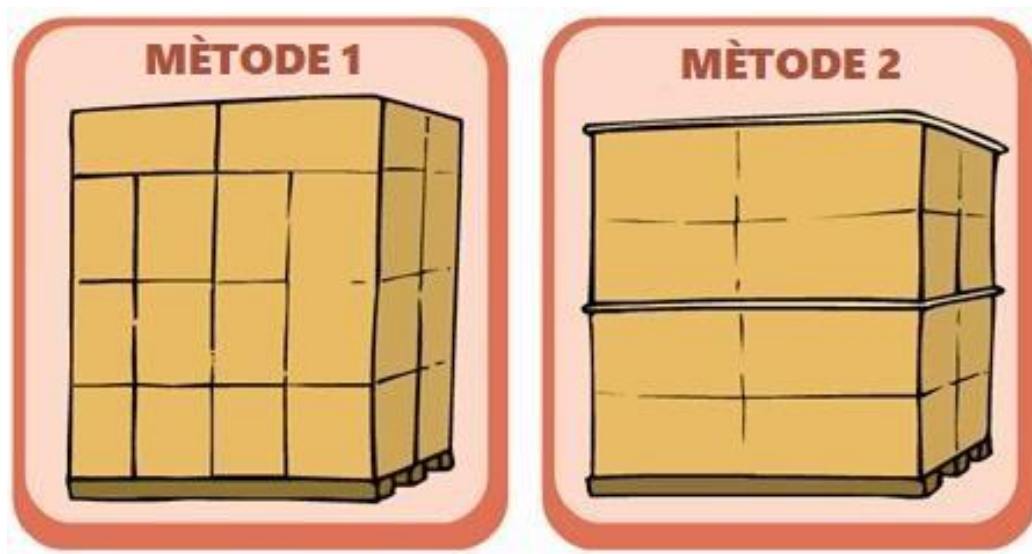
A les cantonades del palet és on es concentra la major resistència vertical, per tant, si es col·loquen les caixes fent coincidir les cantonades, s'obtindrà la seva màxima resistència però com a contrapartida, s'obtindrà poca estabilitat.

L'estabilitat millora notablement si s'encreuen les caixes, no obstant, realitzant aquesta pràctica, es pot arribar a reduir la resistència fins a un 45%.

Tot i així, existeixen dos mètodes que busquen un equilibri entre estabilitat i resistència, aquests mètodes són:

- Mètode 1: Es basa en col·locar els primers 3 o 4 pisos, fent coincidir verticalment les cantonades de les caixes. Després, l'últim o els dos últims pisos, col·locar-les horitzontals.
- Mètode 2: Consisteix en col·locar intercalada una fulla de cartolina gruixuda o cartó corrugat entre els pisos, amb la finalitat de subjectar les columnes.

Es pot observar en la **Il·lustració 7**, un exemple dels dos mètodes d'equilibri que s'acaben de mencionar.



Il·lustració 7. Mètodes d'equilibri i estabilitat en palets

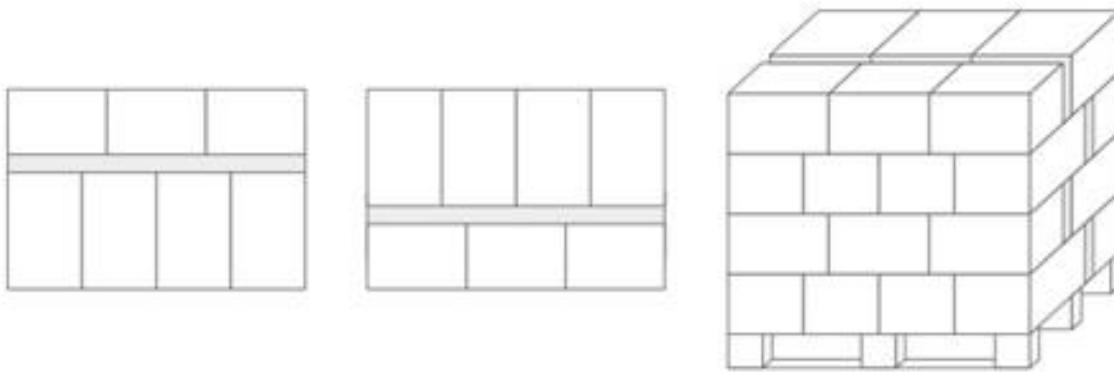
Els dissenys modulars, com ja s'ha comentat, proporcionen intrínsecament una correcta estabilitat. El paletitzat modular disposa generalment la càrrega en columna, ja que la tendència que té la càrrega és obrir-se durant el recorregut des del paletitzador fins a l'estació de fixació (col·locació del film estirable) o durant la manipulació de descàrrega en el punt de venda.

A causa d'això i depenent de l'alçada total de la càrrega, col·locarem planxes separadores, com s'ha mencionat en el mètode 2, generalment de cartró compacte o cartró ondulat, per mantenir estabilitzada la càrrega. El nombre de planxes separadores (*interlayers*) dependrà de les característiques de les caixes.

En el cas que tinguem embalatges secundaris de dimensions bàsiques inferiors a 120 x 100 mm, es situarà una planxa entre cada un dels pisos del palet. La limitació d'alçada d'aquest paletitzat es pot situar en 1.150 mm, la qual ens permet el sobrepaletitzat (col·locar un palet paletitzat sobre un altre). Aquesta tècnica permet optimitzar l'espai pel transport.

Per dimensions bàsiques compreses entre 200x300mm i 300x400mm, que ofereixen més estabilitat, es podran intercalar les planxes alternativament entre els pisos del palet.

Hi ha vegades que no es pot adaptar perfectament l'embalatge secundari a la superfície del palet, el que comporta que el mosaic (o "*lay-out*" de càrrega) resultant presenti defectes, els quals obliguen a generar buits en les cruïlles per poder acabar d'apilar totes les caixes.



Il·lustració 8. Exemple de mosaic amb buits generats per les mides de les caixes

Amb aquest tipus de paletitzats s'han de guardar certes precaucions a causa de la ineficiència del mosaic. Per exemple, estarem obligats a sobredimensionar l'embalatge secundari amb un factor de correcció, no excedir-nos a l'altura del palet (procurar no sobrepassar els 1700 mm), disposar de planxes separadores (antilliscants segons el cas), i muntar la càrrega en el camió o contenidor de manera que el sentit de la marxa sigui favorable a l'estabilitat de la càrrega.

En aquests casos una bona pràctica (sobretot per a viatges llargs per carretera o marítims) és instal·lar "airbags" o matalassos inflables entre els buits que deixen els palets una vegada ubicats, amb l'objectiu d'estabilitzar la càrrega.

- *Alçada de la càrrega:*

L'altura de la càrrega dependrà directament dels mitjans de transport i l'emmagatzematge, així com el tipus de producte i el volum de la comanda.

Els factors a tenir en compte per determinar l'altura ideal són, l'acceptabilitat, relacionada amb les instal·lacions, l'equip i els vehicles, que també condicionen l'altura de manera decisiva, l'ergonomia, que engloba l'estudi de l'esforç muscular desenvolupat en la col·locació dels paquets de la capa superior en relació directa amb el pes i mida de les caixes, i l'estabilitat de la càrrega.

Desenvolupar grans altures en carregues paletitzades disminueix l'estabilitat, especialment quan es sotmeten a un emmagatzematge massiu, per tant, s'ha de procurar que les carregues tinguin la màxima estabilitat possible, aquesta serà proporcionada per un correcte disseny de l'estructura del palet.

- *Pes de la càrrega:*

Factors com la densitat del producte, el nivell d'aprofitament de la superfície i l'altura de la càrrega paletitzada, influeixen en el pes de la càrrega.

El pes màxim acceptat és d'una tona per palet. Pesos superiors poden tenir efectes negatius sobre el procés, ja que podrien excedir les capacitats de les màquines i instal·lacions provocant danys a aquestes.

En la majoria de països europeus, per mesures de seguretat laboral, el pes màxim per caixa està fixat en 15 Kg.

- *Sostenibilitat amb el medi ambient:*

El disseny de les caixes que s'utilitzin per paletitzar, ha de facilitar les operacions per al seu posterior reciclatge eficient. Han de ser fàcilment plegables per minimitzar la seva ocupació. En el cas dels embalatges compostos aquests hauran de ser fàcilment separables.

- *Fixació de la càrrega:*

Mantenir una càrrega estable es un requisit indispensable en el procés de paletització.

Existeixen diferents mètodes per fixar un palet, com per exemple, amb fleix d'acer, PVC o polipropilè, fundes de plàstic retràctil, recobriments de plàstics estirables biorientats o monorientats, malles de plàstic, cintes autoadherents, etc.



Il·lustració 9. Palet envoltat en film alimentari

El film estirable biorientat contribueix sens dubte a mantenir una bona estabilitat i al mateix temps, una bona protecció de la càrrega contra la humitat, inclemències meteorològiques, brutícia i sobretot contra la pols.

Hi ha hagut una sobre utilització del film estirable i aquest, ha solucionat (de forma emmascarada) molts problemes d'ineficiències de càrregues. Qualsevol problema de manca d'estabilitat de les càrregues solia ser resolt amb el film.

Un dels problemes més freqüents produïts per una mala aplicació d'aquest és l'excessiva tensió que és provocada per un excés d'estirament o de número de voltes, els quals poden provocar deformacions a les cantonades de l'embalatge secundari (sobretot si és de cartró ondulat), amb la consegüent pèrdua de resistència i risc d'esfondrament de la càrrega.

Avui dia existeixen els films monorientats, amb unes característiques mecàniques totalment diferents als clàssics biorientats. Aquests films no es poden estirar; la seva capacitat d'elongació (estiratge) està en el sentit transversal, amb valors entre el 8% i 10%. El resultat és que pràcticament no deforma el *packaging* secundari i té un gran poder d'adaptabilitat sobre la càrrega, exercint una excel·lent subjecció i evitant els desplaçaments d'aquesta durant el transport.

Un altre avantatge addicional del monorientat és que comporta un menor consum de plàstic. Aproximadament s'estalvia més de la meitat, ja que estem parlant de que el film monorientat presenta uns gruixos d'un 7 micres contra les 20 micres del biorientat, el que també redueix la quantitat de residu a gestionar pel client final amb la corresponent reducció d'impactes ambientals.

3.3. Els paletitzadors

Actualment moltes fàbriques i indústries han decidit automatitzar les seves aplicacions amb una solució robòtica de paletització d'algun tipus. La tecnologia de paletització robòtica permet augmentar la productivitat i la rendibilitat alhora, garantint una millor flexibilitat al permetre estar operant durant períodes de temps més llargs sense necessitat de parar les línies de producció.

El mecanisme de funcionament es controla a través d'un software integrat que s'ajusta segons el producte a manipular. Aquests softwares optimitzen i faciliten el procés de producció a les companyies que es dediquen a subministrar mercaderies.

Aquestes màquines industrials proporcionen a les empreses que han decidit utilitzar-les un gran rendiment productiu i la màxima precisió amb les seves mercaderies. Són molts els productes que es poden paletitzar, des de caixes, llaunes, bidons, sacs, fins a medicaments, aliments, etc. Gràcies a les innovacions tecnològiques, la rapidesa i l'eficàcia són bastant significatives, per tant, afavoreix a

augmentar la producció i a millorar considerablement el posterior emmagatzematge, transport i distribució.

En varis sectors, la paletització és imprescindible ja que aporta una gran capacitat de manipulació de qualsevol tipus de material. És una important incorporació per a totes les empreses que desitgen millorar els seus estàndards d'emmagatzematge, principalment en aquelles empreses que es dediquen al transport de grans quantitats de productes, tant si es dediquen només a vendre dins del mercat nacional o ja sigui per exportació.

És d'una importància vital que cada empresa gestioni un disseny que s'adeqüi a les necessitats que comporten les seves mercaderies, així com escollir un equip de paletitzat que s'ajusti a aquesta demanda.

Dins de les necessitats que es presenten, és aconsellable intentar trobar un paletitzador que redueixi les vibracions i que generi el mínim soroll possible, ja que són màquines que acostumen a estar treballant moltes hores seguides.

Quan es pren la decisió d'automatitzar un procés de paletitzat d'alguna línia d'una fàbrica, hi ha essencialment dues categories de paletitzadors disponibles; el convencional o el robotitzat. Per a seleccionar la plataforma que s'adapti millor a les necessitats actuals i futures, és important considerar cinc criteris crucials: la velocitat, el manteniment, la versatilitat, les mides i el preu.

3.3.1. Paletitzadors convencionals o cartesians

Els paletitzadors convencionals o cartesians són un tipus de paletitzadors que generalment una estructura de metall o alumini. Permet paletitzar en les tres direccions de l'espai, en X, Y i en Z, i en alguns casos girant respecte l'eix vertical per poder col·locar adequadament les mercaderies. Aquesta estructura, juntament amb els sistemes de "control d'eixos" i/o "PLC", permet al sistema de subjecció (que sol ser una pinça o una ventosa ubicada en l'eix vertical), agafar el producte d'un lloc d'origen i deixar-lo sobre el palet.

Degut al tipus de construcció, els paletitzadors convencionals o cartesians, poden adaptar-se a varies velocitats de producció. Depenent del model, la seva velocitat pot oscil·lar entre 10 i 40 caixes per minut, però pot augmentar considerablement depenent del tipus de producte que s'hagi de manipular.

Aquest tipus de paletitzadors realitzen un gran número d'operacions per tant requereixen d'un manteniment per assegurar el correcte funcionament del procés. No s'ha de tenir un coneixement molt extens de la màquina per poder realitzar aquest manteniment, només serà necessari conèixer els tradicionals sistemes pneumàtics i mecànics, per tant, mantenir un paletitzador cartesià sol ser resultar econòmic.

La majoria dels paletitzadors cartesianes s'han dissenyat amb la finalitat de paletitzar un tipus de producte a la vegada, però per l'altre banda, el paletitzat que realitza és generalment perfecte i compacte ja que es quadra capa per capa. Gràcies a això, es poden produir paletitzats d'una altura considerablement alta mantenint una màxima estabilitat.

Les mides que acostumen a tenir aquests paletitzadors solen ser majors que les d'una maquinaria imponent. Requereixen d'un espai considerable tant en base com en altura, per tant pot ser un inconvenient depenent de l'espai disponible a la fàbrica.

Finalment, el preu acostuma a ser comparable als paletitzadors robotitzats.

Aquests tipus de paletitzadors poden dividir-se en dos subcategories, els de baix nivell i els d'alt nivell, normalment diferenciats depenent del rendiment que tinguin.

- *Paletitzadors de baix nivell:*

Generalment manipulen productes que són transportats per transportadors. Aquests productes estan alineats o es giren d'acord amb la configuració de les safates de càrrega. S'empenyen l'un contra l'altre per formar una fila mitjançant actuadors, el sistema d'agafament del paletitzador agafa un producte o varis a la vegada, depenent de la forma i de com estigui programat aquest. Finalment s'ubiquen els productes al palet d'acord amb el mosaic escollit.

El palet es va omplint per files, formant una després de l'altre fins que es completa el procés. Un cop finalitzat es procedeix a retirar el palet paletitzat i es reemplaça per un palet nou per tornar a començar el procés.



Il·lustració 10. Paletitzador cartesià de baix nivell

- *Paletitzadors d'alt nivell:*

Els paletitzadors convencionals d'alt nivell, també manipulen els productes transportats per transportadors com els de baix nivell, però en lloc d'aixecar o baixar cada capa per descarregar els productes a sobre del palet, és el palet el que puja o baixa. Un exemple d'aplicació seria utilitzar una taula de tisora, per aconseguir que les capes del producte quedin fixes.

Aquests paletitzadors permeten unes velocitats de paletitzat més elevades, per tant, se'ls hi pot treure més rendiment, això sí, econòmicament tenen un cost més elevat a l'hora d'adquirir-los en comparació als de baix nivell.

3.3.2. Paletitzadors robotitzats

Com el nom indica, l'element clau d'aquests paletitzadors és un robot. Aquest és capaç de desenvolupar autònomament les tasques assignades per un controlador lògic programable.

Un altre element de vital importància és l'utensili de l'extrem del braç del robot. Normalment sol ser una pinça, que generalment es personalitza per a manipular un o varis productes específics depenent de les mides o formes i de la necessitat que es tingui al paletitzar.

Un paletitzador robotitzat pot manipular una o varies unitats a la vegada i formar múltiples capes sobre un palet després de recollir els productes d'un transportador. La velocitat de paletitzat és inferior a la dels paletitzadors convencionals i depèn sobretot del producte que s'estigui manipulant.

Els paletitzadors robotitzats, al comptar amb menys components mecànics poden significar una freqüència molt menor de temps d'interrupció del servei i una confiabilitat superior que amb els paletitzadors cartesianes. No obstant, com a punt negatiu, els supervisors que hauran de realitzar aquest manteniment tècnic necessitaran un major coneixement, especialment en robòtica, el que pot causar un cost extra a l'hora de mantenir aquests paletitzadors.

Les diferents pinces que es poden acoblar als robots li donen un punt extra en versatilitat, ja que aquestes es poden adaptar a la majoria de necessitats de diferents línies, per exemple: pinces laterals, pinces magnètiques o equips de buit. Tots aquests sistemes poden ser emprats per manipular diferents tipus de productes alhora sense importar la seva forma. A més, el robot no només és capaç de paletitzar, sinó que també es pot programar per realitzar l'acció de despaletitzar fent servir sistemes de visió artificial per enviar informació al robot.

Les dimensions dels paletitzadors robotitzats solen variar depenent de la configuració del sistema, però tenen molta més flexibilitat per poder instal·lar-los en espais estrets, seguint sempre la normativa de seguretat, ja que són de mides més reduïdes que els paletitzadors cartesianes.



Il·lustració 11. Paletitzador robotitzat

4. Estudi i desenvolupament del disseny

En aquest projecte es dissenya un paletitzador cartesià des de zero, partint d'una idea bàsica i intentant buscar el màxim rendiment per poder incorporar-lo fàcilment al mercat dels paletitzadors.

Per dur a terme el projecte, s'ha dissenyat i construït un prototip i a partir d'aquest s'aniran implementant les millores o descartant idees que al principi semblaven correctes però que no es poden dur a terme. A mesura que es vagin estudiant i comprovant totes les parts, finalment el paletitzador anirà agafant forma per obtenir el disseny final desitjat.

4.1. Especificacions bàsiques del paletitzador

Un cop fet tot l'estudi previ dels palets i dels paletitzadors, necessari per poder entendre quines són les necessitats i els punts clau del món del paletitzat, es poden resumir en quatre punts les especificacions bàsiques que s'ha de tindre en compte per dissenyar el paletitzador, per intentar que sigui competitiu a l'hora d'intentar comercialitzar-lo i a la vegada, fer-lo atractiu als possibles compradors que estiguin interessats en automatitzar el final de les seves línies de producció.

- *Mides:*

Tenint en compte que un dels desavantatges més grans dels paletitzadors convencionals o cartesianes és que generalment ocupen molt d'espai, s'ha agafat com a idea bàsica reduir al màxim l'espai emprat i intentar buscar una solució per l'optimització dels espais i destacar aquest punt que manca en aquest tipus de paletitzadors.

Sabent que els palets estandarditzats més utilitzats són els de tipus europeu (800x1200) i els americans (1000x1200), s'ha de partir de la base d'aquestes dues mides, concretament la del palet americà, ja que les dimensions són molt semblants (només varien 200 mm en una direcció), i així el paletitzador es podrà adaptar als dos palets sense necessitat de modificar-lo.

- *Compacte:*

Relacionat amb el punt anterior, s'ha de procurar compactar al màxim el paletitzador, fer-lo tot un conjunt simple perquè sigui fàcil de transportar amb un transpalet per exemple.

Aquest punt és important perquè d'aquesta manera, el paletitzador es podrà transportar sense cap problema si es necessita moure de lloc o fins i tot, canviar-lo de línia de producció si el client ho creu necessari, per poder fer l'aprofitament d'aquest sense haver de perdre temps ni implicant un sobre cost desmuntant i tornant a muntar-lo a una altra part de la fàbrica.



Il·lustració 12. Transpalet

- *Versàtil:*

Al compactar el paletitzador aconseguim poder transportar-lo fàcilment d'un lloc de la fàbrica a un altre, ja sigui simplement per neteja de la fàbrica o per un canvi de línia.

Si és degut a canviar el paletitzador de línia el més possible és que canviïn els requisits dels productes. Aquest és un altre punt negatiu dels paletitzadors cartesians; estan dissenyats per paletitzar un sol tipus de producte i és un punt a destacar, buscar maximitzar la versatilitat del disseny del paletitzador. Seria interessant que aquest tingués l'opció de poder adaptar-se a canvis de producte, ja sigui en mides o en la recepció d'aquest, incorporant una cinta transportadora, un sistema de subjecció de caixa pensat per diverses mides o mitjançant la programació del paletitzador.

- *Econòmic:*

Finalment, no es pot desestimar el tema econòmic; buscar sempre el balanç entre ser eficient, però també econòmic. Buscar el disseny més atractiu possible, tenint en compte tots els punts anteriorment esmentats, enfocant-nos a intentar entrar en el mercat dels paletitzadors buscant l'interès de la petita i la mitjana empresa, podent assegurar una alta rendibilitat en un període curt de temps.

4.2. Desenvolupament del primer disseny

Un cop definides totes les especificacions bàsiques que s'han de tindre en compte, resultat de la investigació prèvia, s'ha realitzat una primera proposta de disseny per partir d'una base la qual s'haurà d'estudiar i avaluar si compleix tots els requisits i si és viable la forma de disseny obtinguda.

A part dels requisits bàsics esmentats, s'haurà de tindre en compte l'acoblament de tots els sistemes i maquinària necessària per poder aconseguir que funcioni correctament (motors, actuadors, cablejat, etc.).

Es parteix de la idea de construir una estructura de perfil·leria d'alumini anoditzat. La forma del paletitzador, serà rectangular per col·locar un palet americà, posicionat més o menys al centre, per poder dissenyar amb les mides mínimes necessàries al voltant com es mostra en la **Il·lustració 13**.

És important pensar en no només les mides de la base del paletitzador, sinó també l'alçada que volem, que vindrà donada depenent de l'alçada que es vulgui donar de paletitzat. Com s'explica en l'apartat **3.2.3**, com més alçada de paletitzat més inestable és a l'hora de transportar-lo, per tant, donarem com a premissa, que es pugui paletitzar fins a una alçada màxima d'entre uns 1100 mm i 1300 mm contant amb l'alçada del palet.

Un cop analitzat aquest disseny, conforme es vagi avançant en el seu estudi, s'actualitzarà constantment amb les diferents possibles millores segons es vagi definint estructuralment, alhora que s'incorporaran els diferents elements que vagin resultant necessaris



Il·lustració 13. Estructura de perfil d'alumini i palet americà

Les mides de l'estructura són de 1340 mm d'amplada, 1900 mm de llargada i 1775 mm d'alçada.

4.2.1. Elements de l'estructura

Tots els elements que constitueixen l'estructura base del paletitzador, són de l'empresa *Alusic*, una empresa italiana que es dedica a la comercialització de perfil·leria d'alumini, accessoris i sistemes d'alumini.

- *Perfils:*

Els perfils que s'han seleccionat per dissenyar l'estructura són perfils fabricats per extrusió en alumini anoditzat d'aliatge EN-AW 6060, amb mides de 90x90 mm i amb ranures de 8mm. Dins d'aquests tipus de perfil s'ha emprat la sèrie lleugera per reduir el pes de l'estructura. La referència del perfil dins del catàleg d'*Alusic* és la 084.101.024.

PROFILO 90X90 SERIE LEGGERA - LIGHT SERIES PROFILE 90X90						85 45
CODICE CODE	MOMENTO D'INERZIA MOMENT OF INERTIA		MODULO DI RESISTENZA SECTION MODULUS		SEZIONE SECTION	PESO WEIGHT
	Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	wx cm ³	wy cm ³	mm ²	kg/m
084.101.024	162,00	162,00	36,05	36,05	1.815	4,96

MATERIALE / MATERIAL: Alluminio anodizzato - Anodized aluminium
 Colore naturale - Colour natural
 Lunghezza barra 6,040 m - Bar length 6,040 m

Il·lustració 14. Dades del perfil 90x90 mm (Font: Catàleg d'*Alusic*)

També s'han col·locat dos petits perfils de mides 45x45 mm per fer de límit amb el palet i que quedi fixat en llargada. Les ranures són també de 8 mm i la referència d'aquests perfils és la 084.101.014 que és la sèrie lleugera igual que els perfils de 90x90 mm.

PROFILO 45X45 SERIE LEGGERA - LIGHT SERIES PROFILE 45X45						85 45
CODICE CODE	MOMENTO D'INERZIA MOMENT OF INERTIA		MODULO DI RESISTENZA SECTION MODULUS		SEZIONE SECTION	PESO WEIGHT
	Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	wx cm ³	wy cm ³	mm ²	kg/m
084.101.014	11,04	11,04	4,90	4,90	567	1,53

MATERIALE / MATERIAL: Alluminio anodizzato - Anodized aluminium
 Colore naturale - Colour natural
 Lunghezza barra 6,040 m - Bar length 6,040 m

Il·lustració 15. Dades del perfil 45x45 mm (Font: Catàleg d'*Alusic*)

La utilització de perfil·leria d'alumini per l'estructura del paletitzador ofereix molts avantatges ja que assegura una gran resistència i consistència, no s'escalfa al ser incombustible, no és tòxic i això permet accedir a quasi qualsevol tipus d'indústries com per exemple, d'alimentació o farmacèutiques, ja que també hi ha l'opció d'escollir el perfil pelable, és a dir, sense ranures. No sofreix de corrosions, té una vida útil extremadament llarga (el cicle de vida de l'alumini es sostenible de principi a fi), estèticament és agradable a la vista i el seu preu de compra és relativament barat.

- *Tapes:*

Per embellir l'acabat de l'estructura s'inclouen tapes al final dels perfils per no deixar al descobert la part del tall de la serra i alhora evitant deixar forats per on es podria filtrar brutícia o petits objectes. Les tapes escollides són de plàstic negre degut a la facilitat a l'hora de netejar-les.

Les mides són equivalents a cadascun dels perfils de 45x45 mm i de 90x90 mm, el seu espessor és de 2,5mm i les referències del catàleg d'*Alusic* són les 084.201.012 i la 084.201.023 respectivament.

- *Platina:*

Com els perfils seleccionats per l'estructura de 90x90 mm no disposen de nucli, per poder collar els peus de la base, s'han col·locat 4 platines d'alumini anoditzat als extrems dels pilars.

Les platines disposen al centre d'una rosca M16 per poder acoblar-li l'espiga del peu i 4 forats passants refundits per collar-la als perfils. Les mides són de 90x90 mm i l'espessor de 15 mm. La referència és la 084.405.002.



Il·lustració 16. Platina d'*Alusic* 90x90 referència 084.405.002

- *Peus:*

Per donar-li estabilitat a l'estructura s'escullen els peus amb la base de poliamida negra reforçats de diàmetre 100 i l'espiga d'unió a la platina de M16. Aguanten una càrrega de fins a 2200 kg cadascun, que és molt més del que hauran de suportar. La referència d'aquests peus és la 084.402.005.

A part, per intentar evitar vibracions de la màquina i que aquesta no es mogui, s'ha decidit col·locar unes gomes sintètiques negres d'antivibracions a les bases dels peus. La referència de les gomes és la 084.403.004.

4.2.2. Moviment lineal

Per poder paletitzar, es necessitarà tenir desplaçament lineal en els tres eixos de coordenades, el X, el Y i el Z. Per aconseguir aquests moviments s'ha decidit optar per actuadors lineals, una solució simple, compacta, funcional i amb una bona relació qualitat/preu que el mateix proveïdor de l'estructura ofereix, així, a la vegada, es manté una mateixa línia estètica.

Alusic ofereix una ampla gamma d'actuadors lineals emprats pel moviment de càrregues. S'escullen dos actuadors lineals diferents, per els moviments Y i Z la referència 800.010 i per el moviment en X la referència 800.020.



Il·lustració 17. Actuadors lineals d'*Alusic* 800.010 i 800.020 respectivament

- *Parts dels actuadors lineals:*

Els dos actuadors lineals funcionen de la mateixa manera i són molt semblants, es diferencien en l'amplada i en el tipus de corretja. En la taula número 1 podem veure la classificació dels elements de cada actuator.

DESCRIPCIÓ	ACTUADOR 800.010	ACTUADOR 800.020
PERFIL BASE	45X90 REFERÈNCIA: 084.101.021	90X90 REFERÈNCIA: 084.101.024
CAPÇAL MOTRIU	REFERÈNCIA: 800.040.201	REFERÈNCIA: 800.040.301
CAPÇAL TENSOR	REFERÈNCIA: 800.040.202	REFERÈNCIA: 800.040.302
CORRETJA DENTADA	AT10 L=16	AT10 L=25
PATÍ	REFERÈNCIA: 084.040.203	REFERÈNCIA: 084.040.303
BARRA INOX Ø12	REFERÈNCIA: 084.040.018	REFERÈNCIA: 084.040.018
PERFIL SOPORT BARRA	REFERÈNCIA: 084.529.001	REFERÈNCIA: 084.529.001

Taula 1. Components dels actuadors lineals escollits d'Alusic

- *Funcionament:*

Com podem observar a la **II·lustració 18**, el capçal tensor disposa d'una politja de diàmetre primitiu 63,7mm amb un rodament a l'interior. el capçal motriu també disposa de la mateixa politja però enxavetada on un eix motriu accionarà i transmetrà el moviment a la corretja per desplaçar el patí, unit a pressió mitjançant una platina roscada, amb la forma de la corretja perquè quedi completament fixe, collada al patí per un cargol avellanat com es mostra a la **II·lustració 19**.



II·lustració 18. Capçal tensor referència 800.040.202



Il·lustració 19. Platina d'unió entre el patí i la corretja dentada

La corretja dona la volta per l'interior del perfil fins arribar al capçal oposat i es torna a unir al patí de la mateixa manera que s'ha esmentat anteriorment.

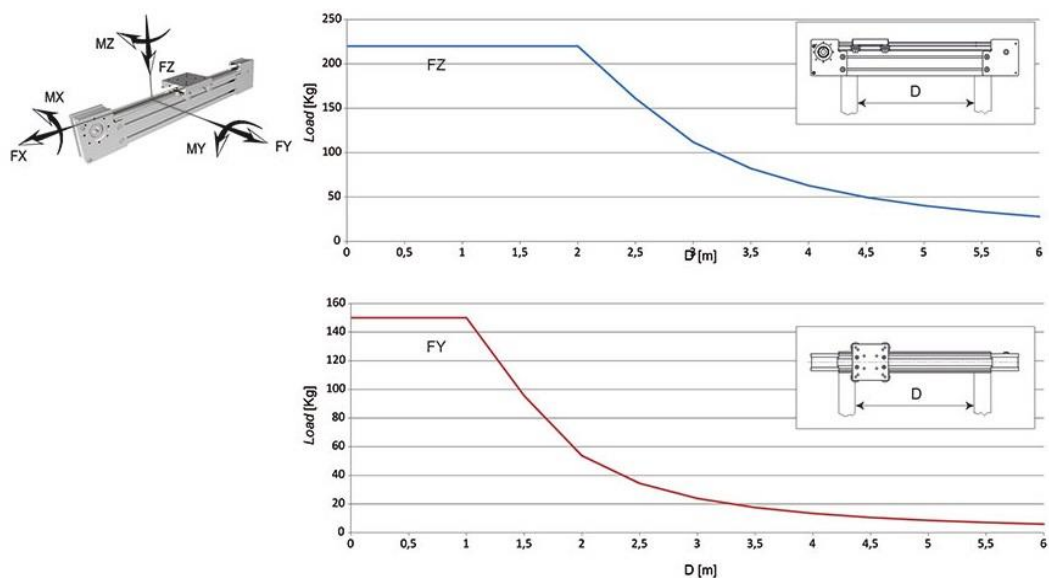
D'aquesta manera s'aconsegueix transmetre el moviment rotacional d'un eix motriu a moviment lineal per poder desplaçar els patins endavant i endarrere.

- *Característiques de l'actuador lineal 800.010:*

Segons catàleg, l'actuador lineal 800.010 té les següents especificacions:

Carrera màxima del perfil	5790 mm
Velocitat màxima recomanada	1 m/s
Acceleració màxima recomanada	5 m/s ²
Precisió de posicionament	+/- 0,1 mm
Pas de la corretja	AT10 L=16 mm
Diàmetre primitiu de la polijta	63,7 mm
Moment màxim d'inèrcia recomanat en X	40 Nm
Moment màxim d'inèrcia recomanat en Y	40 Nm
Moment màxim d'inèrcia recomanat en Z	50 Nm
Màxima càrrega recomanada a l'eix X	850 N

Taula 2. Dades de l'actuador lineal 800.010 segons catàleg



Gràfic 1. Gràfic Càrrega VS Distància de l'actuador lineal 800.010

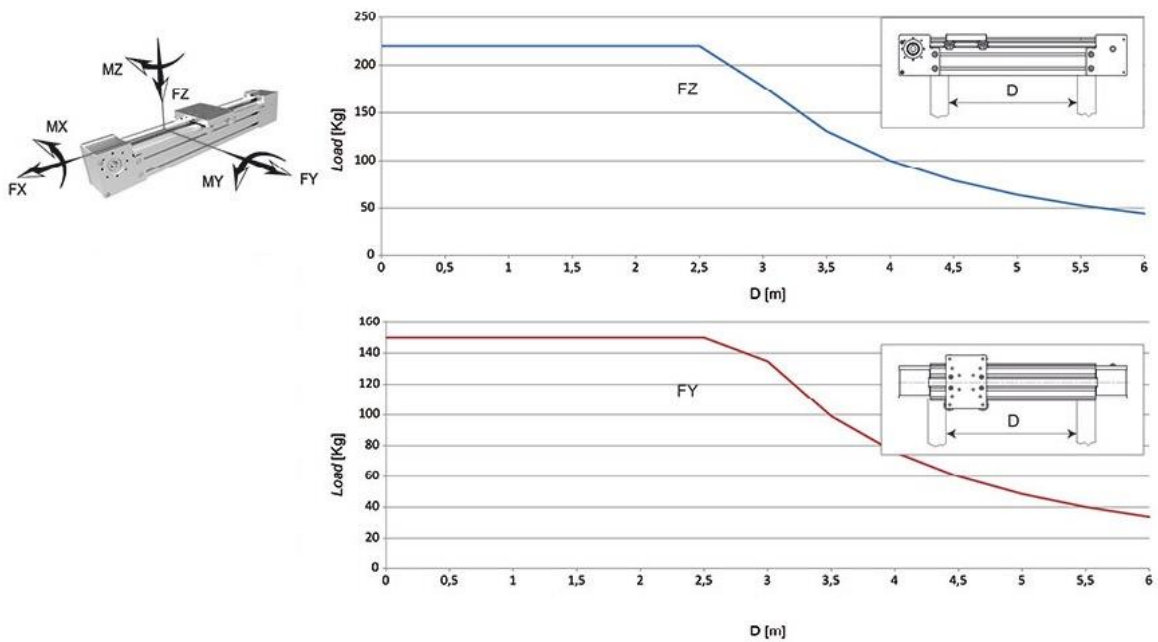
Com es pot observar als gràfics del **Gràfic 1**, per assegurar un correcte funcionament de l'actuador, la càrrega màxima que se li pot aplicar en l'eix Z és de 2200 N, i com a màxim, la distància entre els suports ha de ser de 2 m. Per a les càrregues representades en l'eix Y, no han de sobrepassar els 1500 N i la distància màxima de suport de l'actuador ha de ser d'1 m.

- *Característiques del actuador lineal 800.020:*

Segons catàleg, l'actuador lineal 800.020 té les següents especificacions:

Carrera màxima del perfil	5770 mm
Velocitat màxima recomanada	1 m/s
Acceleració màxima recomanada	5 m/s ²
Precisió de posicionament	+/- 0,1 mm
Pas de la corretja	AT10 L=25 mm
Diàmetre primitiu de la politja	63,7 mm
Moment màxim d'inèrcia recomanat en X	60 Nm
Moment màxim d'inèrcia recomanat en Y	40 Nm
Moment màxim d'inèrcia recomanat en Z	70 Nm
Màxima càrrega recomanada a l'eix X	850 N

Taula 3. Dades de l'actuador lineal 800.010 segons catàleg



Gràfic 2. Càrrega/Distància de l'actuador lineal 800.010

Com es pot observar als gràfics del **Gràfic 2**, per assegurar un correcte funcionament de l'actuador, la càrrega màxima que se li pot aplicar en l'eix Z és de 2200 N, i com a màxim, la distància entre els suports ha de ser de 2,5 m. Per a les càrregues representades en l'eix Y, no han de superar els 1500 N i la distància màxima de suport de l'actuador ha de ser de 2,5 m.

- *Posicionament dels actuadors lineals a l'estructura:*

Per garantir una bona mobilitat i un bon funcionament dels actuadors lineals, es col·locaran 3 actuadors amb referència 800.010, i un amb referència 800.020.

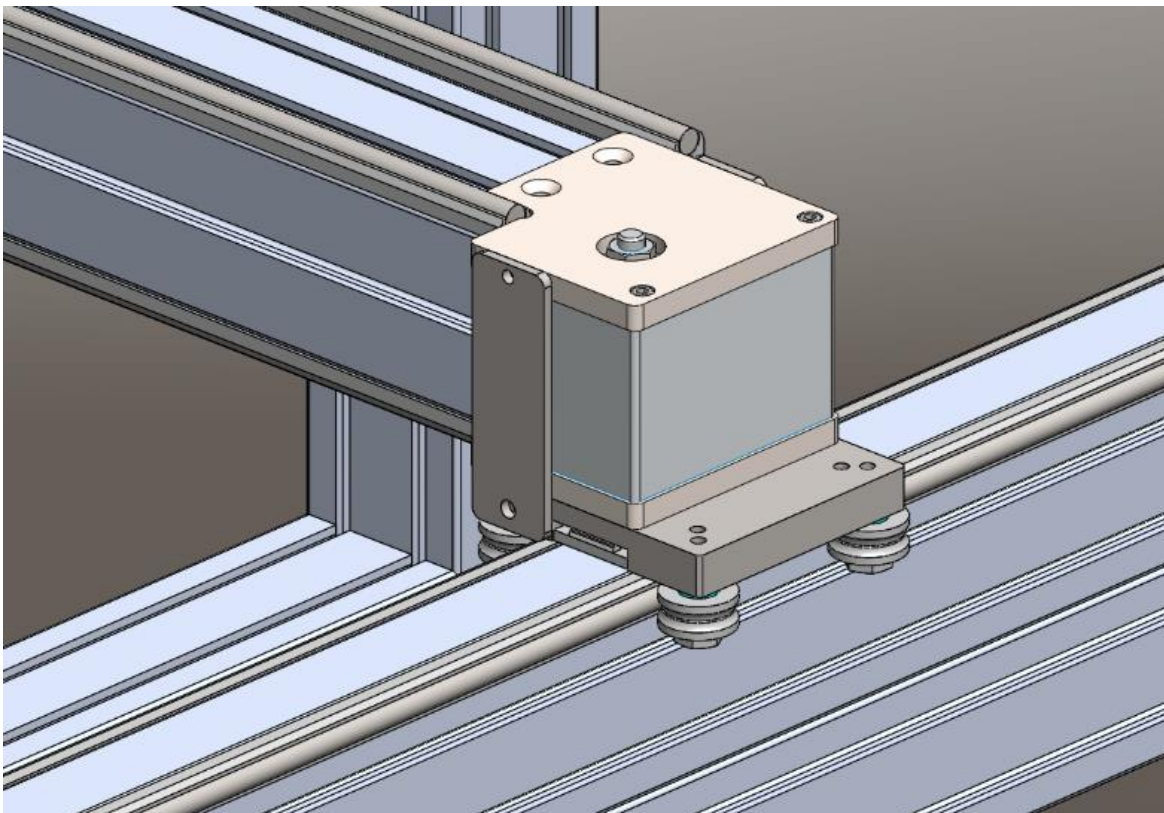
Dos dels 800.010 aniran col·locats horitzontals i paral·lels a l'eix X sobre l'estructura i l'altre vertical paral·lel a l'eix Z, aquest disposarà de dos patins en lloc d'un. Aquests dos eixos són els que menys sol·licitacions requereixen en forces i moments.

Per altra part, l'eix més crític és l'Y, per tant es reforça col·locant l'actuador 800.020 amb dos patins per reforçar i assegurar que compleixi el seu funcionament i donar-li rigidesa i estabilitat al conjunt, evitant així flexions i deformacions no desitjades que ens podrien produir errors a l'hora del posicionament de les caixes sobre el palet.

4.2.3. Unions entre els actuadors lineals i l'estructura

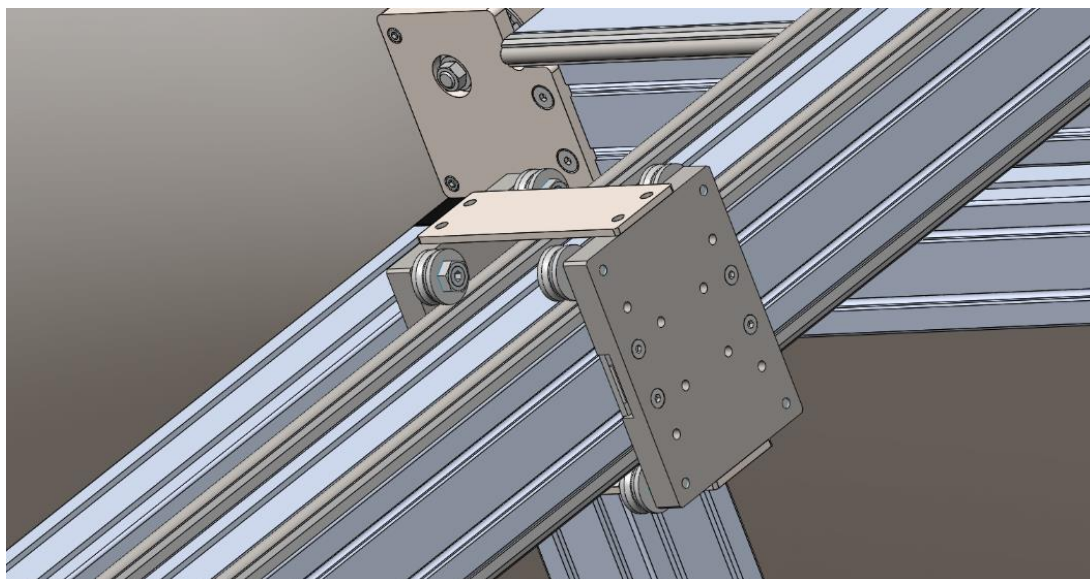
Aquests actuadors lineals disposen d'un perfil, el qual fa de cos de l'actuador. Aquest perfil disposa de ranures, per tant, les aprofitarem per passar-li unes femelles de mètrica 8 a la part on restarà recolzada sobre l'estructura, i als perfils de l'estructura se'ls mecanitzarà uns forats de mètrica 8 per passar els cargols per anar a buscar els femelles dels actuadors.

Per poder fixar els actuadors lineals entre ells, s'han dissenyat unes platines rectangulars amb dos forats per subjectar amb cargols, un el patí inferior i l'altre el capçal de l'actuador lineal. Aquestes platines seran d'aliatge d'alumini 5754, com s'ha calculat en l'apartat dels annexos **A1.1.1., Selecció de materials**.



Il·lustració 20. Platina d'unió entre el patí i el capçal

També s'utilitzaran unes platines molt semblants, per unir els dos patins de l'actuador de l'eix Y, però en aquest cas, són una mica més amples i disposen de quatre forats per assegurar que no pivoti i disminuir la fatiga en els cargols.



Il·lustració 21. Platina d'unió entre el dos patins

Finalment, per unir l'actuador lineal vertical (el eix Z) a l'actuador Y, es dissenyen dues platines més dobles per poder suportar tot el pes que hauran de carregar assegurant una bona rigidesa. Cadascuna va fixada al seu patí i després es fixen entre elles.



Il·lustració 22. Platina d'unió entre actuadors Y i Z

4.2.4. Primera selecció de motoreductors

Com a idea inicial, per l'elecció de motors ens basarem en seleccionar uns motoreductors que ens permetin aconseguir pràcticament la velocitat màxima que els actuadors lineals són capaços d'arribar, és a dir, una velocitat que s'acosti el màxim possible a 1 m/s però que alhora, compleixi els requisits necessaris per treballar adequadament durant un llarg període de temps.

Per tenir una referència, es comença dissenyant amb uns reductors de cargol sense fi ja que econòmicament són els més accessibles.

En l'enginyeria mecànica es denomina cargol sense fi a un dispositiu que transmet el moviment entre eixos que són perpendiculars entre si, mitjançant un sistema de dues peces: el "cargol" (amb dentat helicoidal), i un engranatge circular denominat "corona". Amb aquest mecanisme, disposem de diverses reduccions per poder escollir la velocitat o el parell de sortida depenent de les necessitats.



Il·lustració 23. Reductor de cargol sense fi

Referent als motors, després de fer una comparativa amb els diferents tipus que es poden escollir, es decideix seleccionar motors asíncrons per diverses raons.

Els motors asíncrons es caracteritzen perquè són mecànicament senzills de construir, el qual els fa molt robusts i senzills. Són bastant econòmics i pràcticament no necessiten manteniment, per tant, a llarg termini són molt rentables.

No necessiten arrencadors, arrenquen per si sols quan se'ls connecta a la xarxa trifàsica d'alimentació i no es veuen sotmesos a vibracions degut a l'efecte de la transformació de l'energia elèctrica a mecànica, ja que la potència instantània absorbida per una càrrega trifàsica és constant i igual a la potència activa.

Aquests motoreductors, com s'ha mencionat, tenen un preu bastant assequible tot i que per altra part, no disposen de cap sistema de posicionament, és a dir, que s'haurà d'afegir algun sistema de lectura de la posició dels actuadors lineals.

Per seleccionar els motors amb reductors de cargol sense fi, s'ha consultat a diversos fabricants i finalment s'ha decidit agafar tant els motors com els reductors de la marca *Hydromec*, ja que disposen d'una ampla gamma de motors i reductors els quals s'adapten perfectament a les necessitats que es requereixen per al funcionament dels actuadors lineals. També disposen dels motoreductors dibuixats en format CAD, el que facilita posteriorment el disseny de l'adaptador del motor i col·locar-lo dins del model de 3D.

Gràcies als càlculs de l'apartat **A1.2.** dels annexos, s'ha pogut saber aproximadament el par màxim i la potència mínima necessària dels motoreductors per cada actuator lineal gràcies al catàleg d'*Hydromec* s'han acabat de concretar.

Segons els càlculs realitzats s'ha escollit un motoreductor diferent per a cada actuator lineal, són els següents:

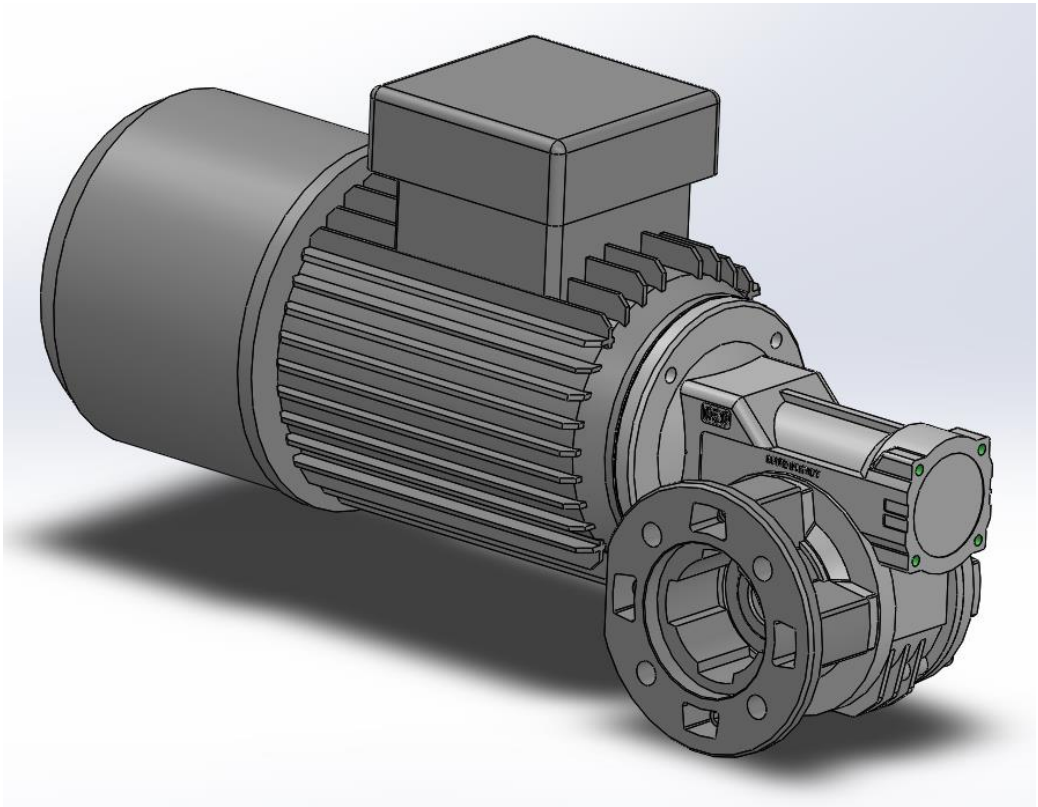
- *Motoreductor en l'eix Z:*

En l'eix Z, s'ha dimensionat un reductor de mida 50 amb referència M050FC01C0-RV5-. Amb una reducció 1/7 i una potència de 0,75 kW és el motoreductor que compleix amb les especificacions demanades.

És important que aquest motoreductor vingui incorporat amb fre ja que a diferència de l'eix Y i l'eix X, realitza un treball vertical. Es necessitarà per assegurar que tot l'actuator no caigui si hi ha una baixada de tensió o per assegurar el bon funcionament d'aquest ja que el pes que ha d'aixecar és elevat i serà necessari.



Il·lustració 24. Propietats motoreductor M050



Il·lustració 25. Motoreductor M050FC01C0-RV5-

- *Motoreductor en l'eix Y:*

En l'eix Y, s'ha dimensionat un reductor de mida 45 amb referència M045FC01C0-QB3-. Amb una reducció 1/7 i una potencia de 0,37 kW; és el motoreductor que compleix amb les especificacions demanades.

Configuration

Tipo:

Size:

Input:

Eje macho/hueco de salida :

Mounting:

Posicion De Montaje:

Input bore:

Terminal box position:

M

045

71 814 ø105

Standard ø18

FC

B3

Standard

B

Selección

Potencia del motor (P_{1M}):

Par de salida (M_{2M}):

Factor de servicio (f.s.):

0.37 kW

14 Nm

2.2

Información técnica

Rpm entrada (n₁):

Rpm salida (n₂):

Relación (i):

Potencia nominal (P_{1N}):

Nominal torque (M_{2N}):

Eficiencia dinamica (RD):

1400 min⁻¹

200.00 min⁻¹

7.00

0.80 kW

30 Nm

80%

Lubrication

Cantidad de aceite:

AGIP:

SHELL:

0.09l

Telium VSF 320

Omala S4 WE 320

Cargas axiales y radiales

Eje de entrada



n ₂ (min ⁻¹)	FA (N)	FR (N)
1400	42	210

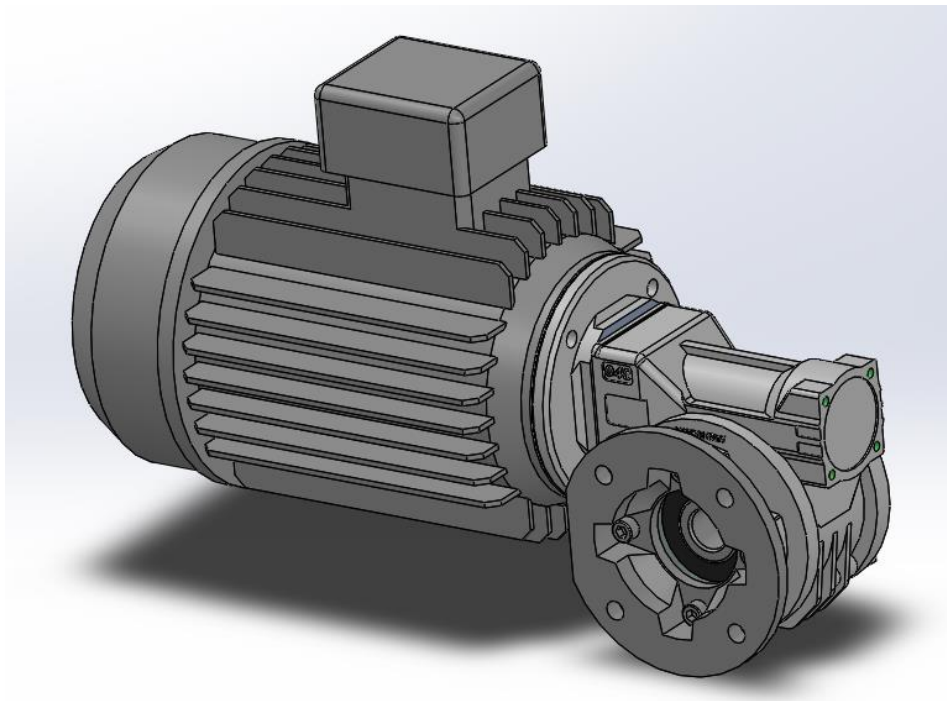
*Fuerzas axiales fuertes en la dirección DX no están permitidas

Eje de salida



n ₂ (min ⁻¹)	FA (N)	FR (N)
200	180	900
150	200	1000
100	220	1100
75	240	1200
50	260	1400
25	300	1800
15	400	2000

Il·lustració 26. Propietats motoreductor M045 eix Y



II-lustració 27. Motoreductor M045FC01C0-QB3-

- *Motoreductor en l'eix X:*

En l'eix X, s'ha dimensionat un reductor de mida 45, igual que en l'eix Y. La referència d'aquest és la M045FC01C0-QV6-. Amb una reducció 1/7 i una potencia de 0,37 kW; és el motoreductor que compleix amb les especificacions demanades.

Configuration

Tipo:

Size:

Input:

Eje macho/hueco de salida :

Mounting:

Posicion De Montaje:

Input bore:

Terminal box position:

M

045

71 B14 ø105

Standard ø18

FC

V6

Standard

B

Información técnica

Rpm entrada (n_1):

Rpm salida (n_2):

Relación (i):

Potencia nominal (P_{1R}):

Nominal torque (M_{2R}):

Eficiencia dinamica (RD):

1400 min⁻¹

200.00 min⁻¹

7.00


0.80 kW

30 Nm

80%

Cargas axiales y radiales

Eje de entrada



n_2 (min ⁻¹)	FA (N)	FR (N)
1400	42	210

Eje de salida



n_2 (min ⁻¹)	FA (N)	FR (N)
200	180	900
150	200	1000
100	220	1100
75	240	1200
50	260	1400
25	300	1800
15	400	2000

*Fuerzas axiales fuertes en la dirección DX no están permitidas

Selección

Potencia del motor (P_{1M}):

Par de salida (M_{2M}):

Factor de servicio (f.s.):

0.37 kW

14 Nm

2.2

Lubrication

Cantidad de aceite:

AGIP:

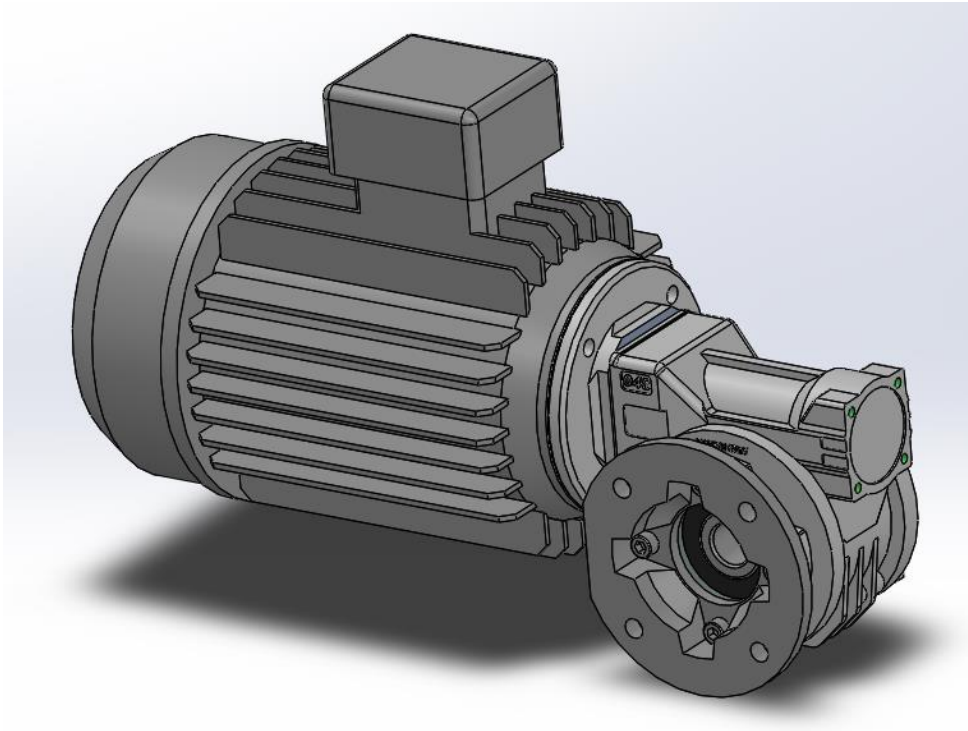
SHELL:

0.09l

Telium VSF 320

Omala S4 WE 320

II-lustració 28. Propietats motoreductor M045 eix X



Il·lustració 29. Motoreductor M045FC01C0-QV6-

4.2.5. Dispositius de detecció de la posició

Amb els motoreductors ja concretats, és necessari buscar algun dispositiu capaç de detectar la posició que tindran els actuadors lineals en cada moment.

Després de fer una recerca dels diferents dispositius disponibles al mercat, es decideix utilitzar *encoders* rotatius, en català anomenats codificadors.

Un *encoder* és un dispositiu de detecció que proporciona una resposta. Converteixen el moviment en una senyal elèctrica que pot ser llegida per algun dispositiu de control en un sistema de control de moviment, com ara un taulell o PLC. Aquests codificadors envien senyals de resposta que poden ser utilitzats per determinar la posició, comptar, calcular la velocitat o la direcció. Un dispositiu de control pot utilitzar aquesta informació per a enviar una comanda per a una funció particular.

Es componen bàsicament d'un disc connectat a un eix giratori. El disc està fet de vidre o plàstic i es troba "codificat" amb unes parts transparents i altres opaques que bloquegen el pas de la llum emesa per la font de llum (típicament emissors infrarojos). En la majoria dels casos, aquestes àrees bloquejades (codificades) estan arreglades en forma radial.

A mesura que l'eix gira, l'emissor infraroig emet llum que és rebuda pel sensor òptic (o foto-transistor) generant els polsos digitals a mesura que la llum passa a través del disc o és bloquejada en diferents seccions d'aquest. Això produeix una seqüència que pot ser usada per controlar el radi de gir, la direcció del moviment i fins i tot la velocitat.

Els *encoders* es divideixen en dos grups segons el tipus d'informació sobre la posició que generen, anomenats incrementals o absoluts:

Els incrementals, com el seu nom indica, són els *encoders* que determinen la posició per mitjà de realitzar comptes incrementals. Això vol dir que aquest model de codificadors proveeix una posició estratègica des d'on sempre començarà el compte, una posició zero. La posició actual de l'*encoder* és incremental quan és comparada amb l'última posició enregistrada pel sensor.

L'avantatge d'aquest sistema és que resulta més econòmic que l'*encoder* absolut, i a més a més, permet mantenir la mateixa precisió independentment de la longitud de la peça mòbil; com a desavantatge s'ha d'assenyalar que, per inicialitzar el sistema, es necessita posicionar l'element a desplaçar en un zero predeterminat.

En els absoluts en canvi, la codificació sobre la superfície de la peça mòbil inclou la posició real des del punt zero de l'escala; d'aquesta manera, és possible que l'instrument conegui la seva posició sense necessitat de moure-ho. Aquest sistema és particularment útil si per algun motiu la màquina es reinicia ja sigui per parar-la manualment o degut a una caiguda de tensió.

El desavantatge és que es requereixen més pistes de codificació per incloure la informació de posició; cosa que, a mesura que es requereix més longitud amb la mateixa precisió, encareix més l'electrònica necessària.

Pel disseny del paletitzador, es decideix emprar *encoders* absoluts per evitar que cada cop que s'hagi de parar la màquina, es produeixi una caiguda de tensió o si hi hagués un error en la lectura de la posició, s'hagi de reiniciar el procés del paletitzat perdent temps retornant a una posició zero els actuadors lineals.

Després de buscar proveïdors i demanar informació i pressupostos, es decideix utilitzar els elements de la empresa *Hohner Automatics*. Disposen d'una àmplia gamma d'*encoders* incrementals i absoluts, diferents sistemes de mesura lineal, i accessoris per al muntatge dels sensors. També disposen de potenciòmetres, inclinòmetres i comptadors.

Com s'ha comentat anteriorment, inicialment la idea era de utilitzar *encoders* rotatius, per tant es necessitaven col·locar a cada eix de cada motoreductor un d'ells, es a dir, es necessitaven tres *encoders* rotatius absoluts.

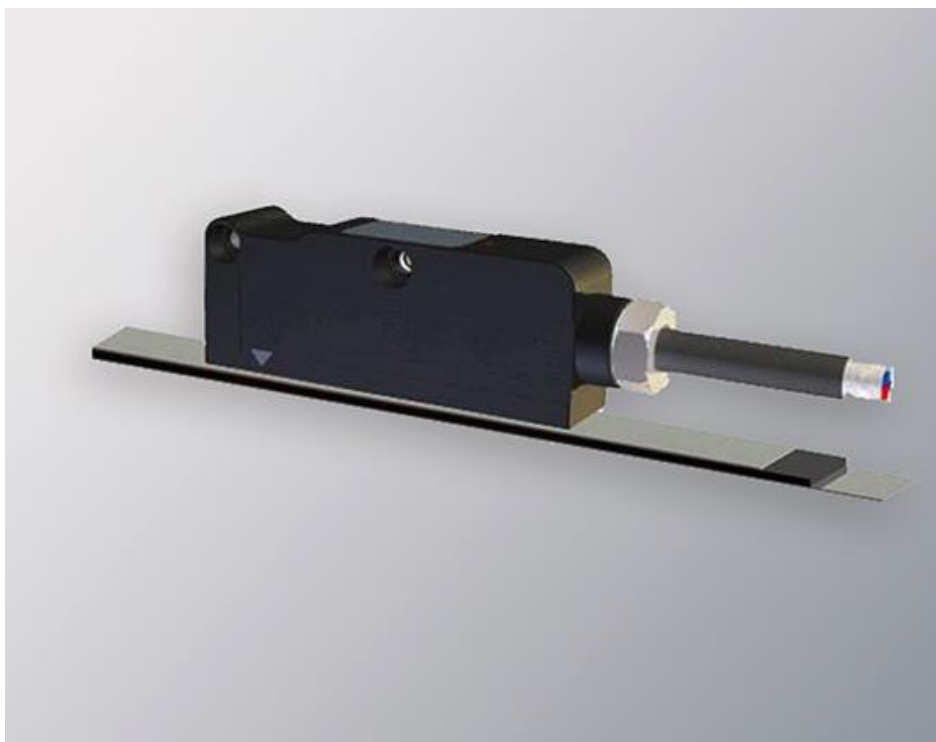
Després de parlar amb el fabricant, degut a que l'eix de sortida del motor té un diàmetre bastant petit i que la carrera dels actuadors lineals és molt gran, els *encoders* rotatius no eren capaços d'absorbir tanta informació.

Al desestimar l'opció d'aquests tipus de lectors de posició, com a segona opció es decideix optar per els sensors de mesura lineal els quals sí que aporten les especificacions requerides.

Els *encoders* lineals són el tipus més senzill de lector de posició o generador de polsos; un exemple clar de la seva existència es dona en els calibres digitals, on la mesura es mostra en un display digital: darrere de la peça mòbil (corredissa), hi ha un *encoder* capacitiu que s'encarrega de llegir, per interpolació, la distància recorreguda des del zero.

Bàsicament un *encoder* lineal es compon d'un mòdul fix i un altre mòbil (el que s'uneix a les parts mòbils de la màquina amb la qual es farà la interfície). El mòdul fix conté el sensor i l'electrònica necessàries per detectar i mesurar el moviment, i convertir-lo en impulsos elèctrics intel·ligibles per un altre circuit digital o analògic.

Finalment el sensor lineal escollit és un sensor magnètic de mesura lineal amb referència MSA-M10528V-S7-M08.



Il·lustració 30. Sensor magnètic de mesura lineal **MSA-M10528V-S7-M08**



Aquest detector és un sensor magnètic de mesura lineal, amb lectura directa de la posició absoluta. La detecció de la posició es realitza mitjançant camps magnètics, es a dir, sense contacte i garanteix una precisió increïblement alta.

Els sensors magnètics de mesura lineal son compostos per dos elements, un n'és el capçal magnètic que llegeix la posició (aquest aniria col·lat al patí de cada actuator lineal), i d'una banda magnètica amb referència CSM-A, que aniria fixada al perfil per on es desplaça el patí per així poder llegir la posició.

Les especificacions del sensor i de la banda magnètica són les següents:

CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	
Resolución absoluta	10 µm
Precisión	±15 µm
Repetibilidad	±1 incremento
Período de la señal	2 mm
GAP, distancia detección (d) Ver tablas anteriores	0,3 a 1 mm
Longitud de medida	up to 30 m
Velocidad de desplazamiento máxima	300 m/min
Protección (EN 60529)	IP67
Rango de temperatura en funcionamiento	0°C a +50°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-20°C a +70°C
Humedad relativa	100% sin condensación
Vibración (EN 60068-2-6)	200 m/s² (55...2000 Hz)
Peso	80g
Conexión axial	Cable 2 metros (disponible cualquier longitud de cable o conexión radial, bajo pedido)

II·lustració 31. Especificacions tècniques del sensor MSA-M10528V-S7-M08

SEÑALES DE SALIDA		CONEXIONADO	
			
Interface	SSI Gray	Cable	2x2x0,25+2x0,25 mm²
Frecuencia de clock	0,1...1,2 MHz	GND	Blanco
n	Posición bit* = 24 bit	VCC	Marrón
T _c	12...45 µs	D+	Rosa
Alimentación	5...28 VDC ±5%	D-	Gris
Consumo	150 mA MAX (Z=120Ω)	CK+	Verde
Longitud de cable admisible	20 m	CK-	Amarillo
Protección contra Cortocircuito	Sí	Malla	Malla
Protección Inversión Polaridad	Sí		

II·lustració 32. Especificacions tècniques de les senyals de sortida i del connexionat

CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA

Paso polar	Pista incremental 2+2 + pista absoluta
Precisión a 20°C	±20 µm/m (Alta precisión) ±80 µm/m (Baja precisión)
Ancho banda	10 mm
Grueso banda "S" (Ver tablas anteriores)	1,3 mm
Longitud máxima	30 m
Dilatación térmica	$10,5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ Tref: 20°C ± 0,1°C
Radio Curvatura	≥ 130 mm
Rango de temperatura en funcionamiento	0°C a +70°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-20°C a +80°C

Il·lustració 33. Especificacions tècniques de la banda CSM-A**4.2.6. Eixos**

En relació als eixos, al haver-hi 4 actuadors lineals, dos en l'eix X, un en l'eix Y i un en l'eix Z, es requereix de 3 eixos motrius per poder accionar el mecanisme. Un d'ells, el de l'eix X concretament, acciona a dos actuadors lineals a la vegada.

Els dos actuadors, al ser accionats per un sol motoreductor, treballaran sincronitzats i per minimitzar problemes de posicionament ja que el moviment és transmès només per un sol eix motriu. Així s'eviten possibles problemes a l'hora d'activar dos motors a la vegada.

El disseny d'aquests eixos ve donat en part per la forma de l'acoblament del reductor i de la politja de l'actuador lineal. Tot i així, es calcula el disseny d'aquests eixos en l'apartat **A1.4.1.** dels annexos.

Tal i com es calcula a l'apartat **A1.1.2.** dels annexos, el material dels eixos serà d'acer inoxidable d'aliatge AISI 304.

- *Eix en l'actuador lineal Z:*

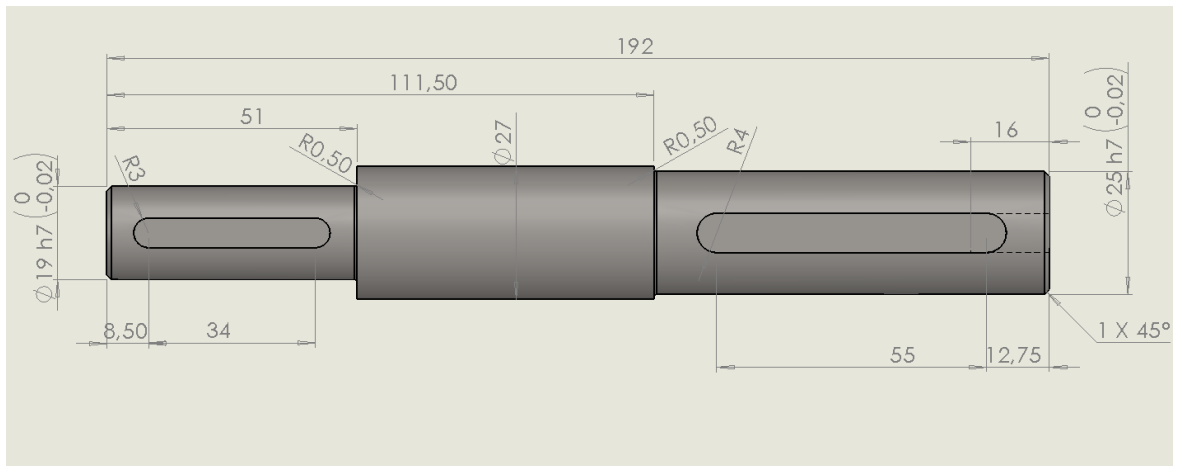
L'actuador lineal de l'eix Z du un motor de mida 50, per tant, s'ha dissenyat la part motriu de l'eix a mida amb aquest motor.

El motor va collat al capçal de l'actuador per mitjà d'un adaptador d'alumini, es comenta en l'apartat **4.2.7.** L'eix s'adapta també a la llargada de l'adaptador i al capçal on hi ha la politja transmissora del moviment del motor.

Per poder transmetre el moviment del motor a l'eix, i de l'eix a la politja de l'actuador lineal, es dissenyen dues ranures per a xavetes segons normativa estàndard S/DIN 6885/1 on per mitjà d'una xaveta inserida a la ranura bloquejarà els moviments.

També es mecanitza un forat roscat amb una mètrica 8 a l'extrem de l'eix que anirà embotit al motor per poder fixar-lo i que no pugui sortir-se.

Les mides de l'eix són les següents:



Il·lustració 34. Disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Z

- *Eix en l'actuador lineal Y:*

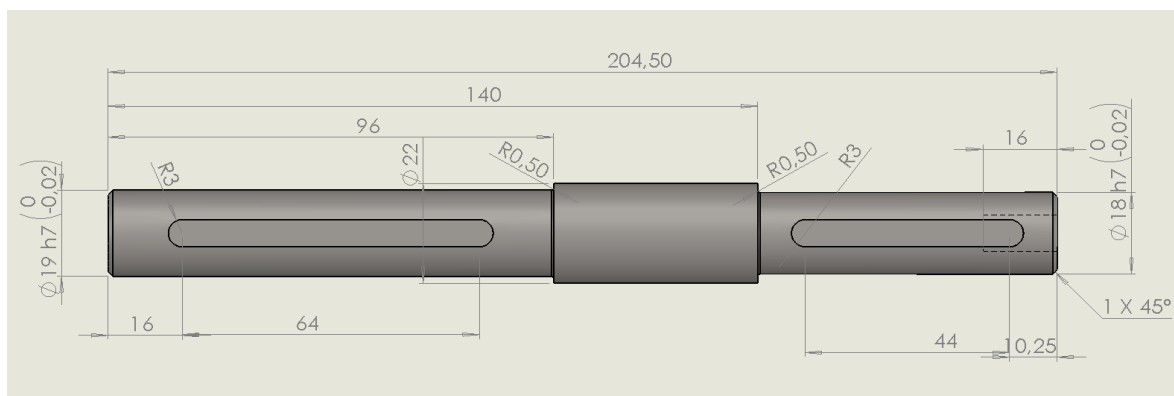
L'actuador lineal de l'eix Y du un motor de mida 45 per tant, s'ha dissenyat la part motriu de l'eix a mida amb aquest motor.

El motor va collat al capçal de l'actuador per mitjà d'un adaptador d'alumini, es comenta en l'apartat **4.2.7**. L'eix s'adapta també a la llargada de l'adaptador i al capçal on hi ha la politja transmissora del moviment del motor.

Per poder transmetre el moviment del motor a l'eix, i de l'eix a la politja de l'actuador lineal, es dissenyen dues ranures per a xavetes segons normativa estàndard S/DIN 6885/1 on per mitjà d'una xaveta inserida a la ranura bloquejarà els moviments.

També es mecanitza un forat roscat amb una mètrica 8 a l'extrem de l'eix que anirà embotit al motor per poder fixar-lo i que no pugui sortir-se.

Les mides de l'eix són les següents:

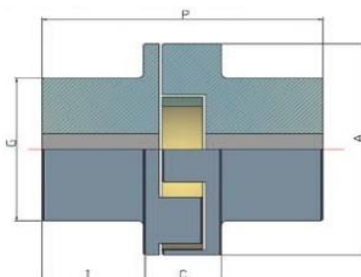


Il·lustració 35. Disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Y

- Eixos en l'actuador lineal X:

En el cas de l'eix X es treballa amb dos actuadors lineals paral·lels, separats per una distància de 1234 mm. Per evitar fer un eix tant llarg, el qual donaria problemes a l'hora d'accionar-lo, s'ha decidit dissenyar dos eixos i unir-los mitjançant un acoblament elàstic. D'aquesta manera, a la vegada que s'evita dissenyar un eix massa llarg, amb aquesta unió es pot arribar a absorbir el desnivell del terra si n'hi hagués.

Després de parlar amb proveïdors per consultar preus i tipus d'acoblements diferents que hi ha en el mercat, finalment s'ha escollit emprar un l'acoblament SE75 d'Industrias Albert.



TIPO TYPE	ESTRELLA SPIDER BAGUE	Ø Int. Estrella Ø Spider Inside Ø Réneur Bague	MÁX. R.P.M.	HP / RPM	A	P	C	G	I	Ejes / Bores / Alésages		Peso Weight Poids Kgs.
										Min.	Max.	
SE-75	75x23	26	7.000	0,012	75	125	37	57	44	13	38	2,5

Il·lustració 36. Especificacions de l'acoblament SE75

Per fer-lo encabir en els eixos dissenyats s'hauran de mecanitzar les dues bases laterals fent un forat de diàmetre 25 mm, amb una tolerància H8 i ranures per xavetes segons norma per aquest diàmetre d'eix. També s'hi mecanitzaran 4 forats roscats per posar-hi uns presoners i impedir que l'acoblament balli. S'ha dibuixat un plànol per realitzar aquests mecanitzats, és el número OK170001-01-0020.

Hi ha doncs dos eixos diferents, el primer que transmetrà el moviment del motor al primer actuador lineal i alhora a l'acoblament i el segon, que transmetrà el moviment de l'acoblament a l'altre actuador lineal.

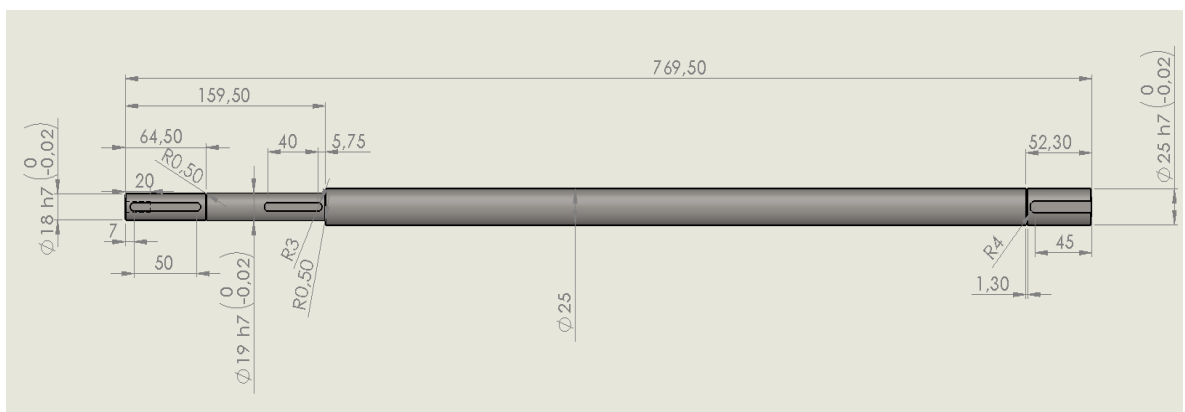
El disseny del primer eix ve donat per el diàmetre i la llargada de l'entrada del motor, del capçal del primer actuador lineal i del diàmetre de l'acoblament.

Per poder transmetre el moviment del motor al llarg de tot l'eix, es dissenyen tres ranures per a xavetes, una per la transmissió del motor, una per la transmissió a la politja, i l'altre per la transmissió a l'acoblament, totes segons la normativa estàndard S/DIN 6885/1 on per mitjà d'una xaveta inserida a la ranura bloquejarà els moviments.

L'eix disposa d'una ranura per un anell elàstic segons la normativa estàndard DIN 471, que mantindrà l'acoblament fixe i no permetrà que es descentri.

També es mecanitza un forat roscat amb una mètrica 8 a l'extrem de l'eix que anirà embotit al motor per poder fixar-lo i que no pugui sortir-se.

Les mides del primer eix són:



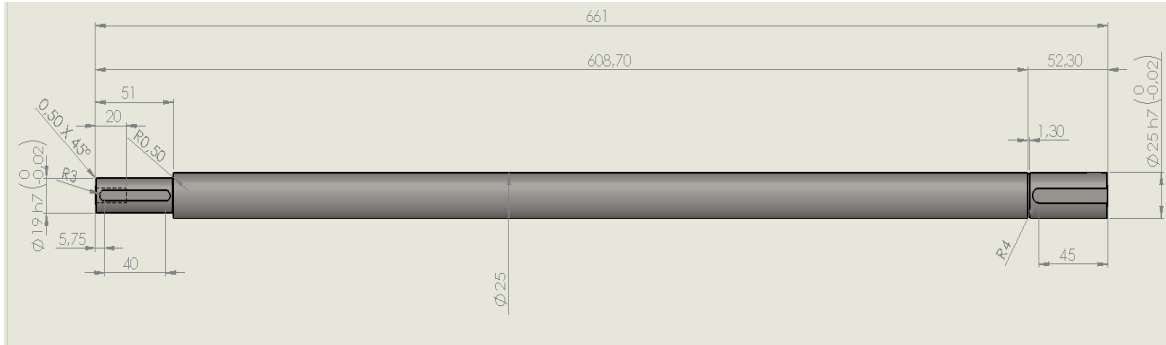
Il·lustració 37. Disseny del primer l'eix de l'actuador lineal X

El disseny del segon eix ve donat per el diàmetre de l'acoblament i del capçal del segon actuador lineal col·locat paral·lelament amb el primer.

Per poder transmetre el moviment que condueix l'acoblament impulsat pel primer eix a la politja del segon actuador lineal, es dissenyen dues ranures per a xavetes per transmetre el moviment, una ubicada a la part de l'acoblament i l'altre situada a la part de la politja, segons normativa estàndard S/DIN 6885/1 on per mitjà d'una xaveta inserida a la ranura bloquejarà els moviments.

Aquest eix també disposa d'una ranura per un anell elàstic segons la normativa estàndard DIN 471, que mantindrà l'acoblament fixe i no permetrà que es descentri.

Les mides del segon eix són:



Il·lustració 38. Disseny del segon l'eix de l'actuador lineal X

4.2.7. Adaptadors

Per poder unir els motoreductors als capçals dels actuadors lineals es necessari dissenyar uns adaptadors per poder collar-los i mantenir-los fixes.

El disseny d'aquests ve donat per la forma de la brida que tenen els motors i els forats que disposen els capçals dels actuadors lineals.

Els adaptadors, com s'ha mencionat anteriorment, tenen forma cilíndrica per seguir la línia de la brida dels motors. Disposen de 8 forats, quatre dels quals són roscats i els altres quatre són refundits per poder passar els diferents cargols necessaris.

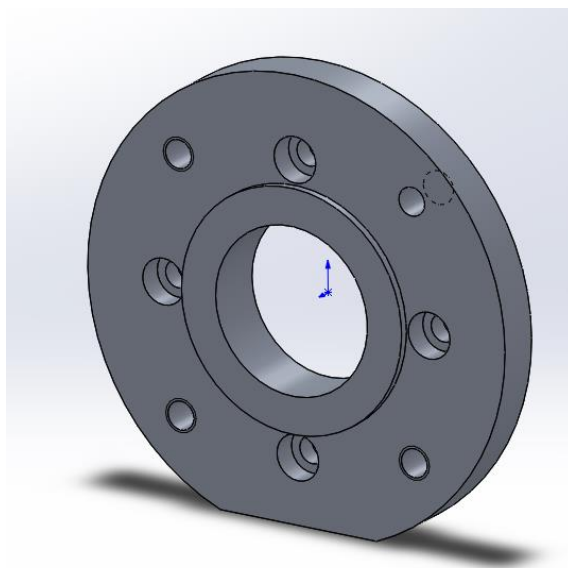
Els forats refundits de l'adaptador són per collar-lo al capçal de l'actuador lineal degut a que sinó, els cargols sobresortirien de l'adaptador i farien interferència amb el motor, per tant no es podria acoblar bé. El capçal de l'adaptador ja ve amb uns forats per poder collar-li un adaptador o un motor, aquests forats venen roscats per facilitar el muntatge i desmuntatge d'aquest.

Els forats roscats de l'adaptador són per poder collar el motor a aquest. Són roscats ja que no es té accés a la part posterior del capçal, i així s'evita l'ús de femelles i s'assegura un fàcil i ràpid muntatge i desmuntatge del motoreductor.

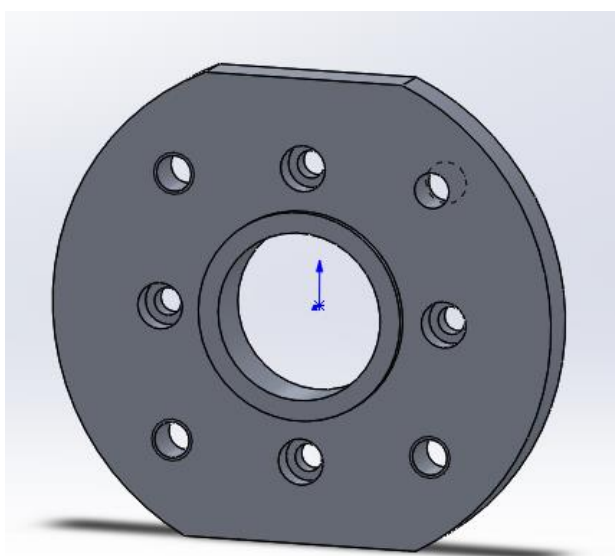
El material emprat per a dissenyar els adaptadors, com s'ha calculat en l'apartat 5.2.1 és d'aliatge d'alumini 5754.

Tant l'adaptador per a l'actuador Y com per a l'actuador X són idèntics, ja que els motoreductors d'aquests actuadors lineals són el mateix, de mida 45.

L'adaptador pel motoreductor de L'eix Z en canvi, al portar un motoreductor més gran, un de mida 50, tant la mida com els forats de la brida del motor canvien i per tant l'adaptador serà diferent.



Il·lustració 39. Adaptador per motoreductors de mida 45



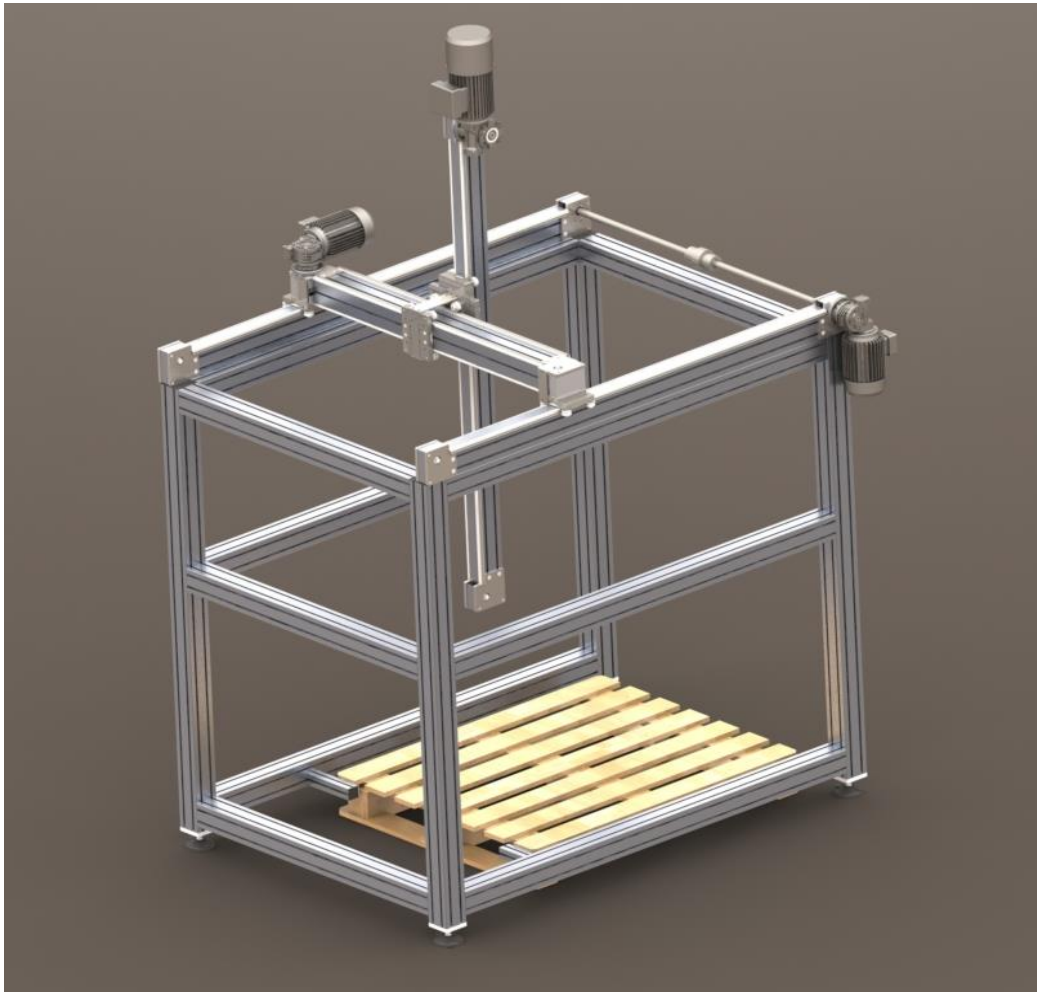
Il·lustració 40. Adaptador per motoreductor de mida 50

4.3. Primera proposta de disseny

Un cop definits i seleccionats els elements principals que compondran el paletitzador, es passa a crear l'arxiu CAD per poder veure quin seria el resultat del disseny de tots els elements descrits anteriorment.

Per dur a terme el dibuix en 3D, s'utilitza el programa CAD *SolidWorks*.

El resultat és el següent:



Il·lustració 41. Dibuix 3D de la primera proposta de disseny

Un cop seleccionats elements per poder fer funcionar correctament els actuadors lineals i unir-los entre ells, s'opta per construir el prototip, i així assegurar que el funcionament és l'esperat i que no hi ha cap error imprevist.

Com és un prototip, s'utilitzen materials sobrants tant per la perfilaria com per els actuadors lineals.

És evident que encara faltarien molts elements per poder deixar acabat el paletitzador, però per començar i per poder continuar dissenyant el paletitzador, es comprova que aquesta idea inicial de l'estructura és correcta.

Es comprova que els actuadors funcionin correctament i que l'estructura es vegi sòlida, etc., per així estalviar possibles errades en el funcionament que hauria de ser correcte però que puguin produir errors o funcionaments no desitjats.

Un cop muntada físicament, es connecten els motors per així provar el funcionament dels actuadors lineals i del comportament de l'estructura.



Il·lustració 42. Construcció de la primera proposta de disseny

Un cop provat el paletitzador se'n poden extreure les següents conclusions:

- L'estructura és sòlida, tot i que encara no s'ha posat a prova amb tot el pes que haurà de desplaçar.

- Els actuadors lineals treballen correctament.
- Les arrancades i parades que realitzen els motors són moviments bruscs i l'estructura vibra, per tant, s'ha de mirar d'evitar qualsevol moviment no desitjat que pugui interferir a l'hora del paletitzat o de la recollida dels paquets.
- L'eix motriu, al ser tan llarg i tenir l'acoblament just al mig, quan al girar ràpidament flecta degut al pes de l'acoblament, s'ha de solucionar perquè treballi correctament.
- A la part de l'eix dels actuadors lineals en X queda desprotegida i s'hi pot accedir provocant un perill d'atrapament.
- Els motoreductors no tenen la suficient acceleració per aconseguir la velocitat màxima calculada al desplaçar-se degut al curt recorregut dels actuadors lineals. Es necessitarien uns motoreductors més potents si es vol aconseguir un paletitzat més ràpid i eficient o acceptar la baixa velocitat.
- S'ha de buscar alguna manera de fixar completament el palet per tindre sempre un punt zero de referència.

Per procedir amb el disseny del paletitzador hi han bastants factors a tindre en compte. S'ha d'assegurar el bon funcionament i un rendiment òptim per poder arribar a ser un producte atractiu i competitiu dins del mercat dels paletitzadors però també s'ha de tindre en compte el preu.

4.4. Millores a realitzar del primer disseny

Un cop realitzada la prova del paletitzador i tretes les conclusions, s'han de mirar de millorar tots els punts negatius per poder continuar amb el disseny, per tant, es procedeix a millorar el prototip que s'ha fabricat.

4.4.1. Fixació de l'estructura

La inèrcia dels actuadors lineals, degut a les arrancades i aturades sobtades per fer canvis de direcció o parades, provocava que l'estructura vibrés i poc a poc es desplaçés de lloc.

Aquest comportament suposa un greu problema ja que l'estructura es va descentrant respecte el palet i això comporta un mal paletitzat ja que el paletitzador no podrà deixar la caixa a paletitzar al lloc que li correspon a sobre del palet.

Per altra banda, també suposa un problema per l'arribada de la caixa des de la línia de producció del client, ja que genera un espai i progressivament es va descentrant respecte l'entrega del producte.

Aquest problema pot sorgir arrel de la lleugeresa de l'estructura, la qual no suporta les inèrcies provocades per els actuadors lineal, per tant, es pot solucionar el problema de dues maneres diferents,

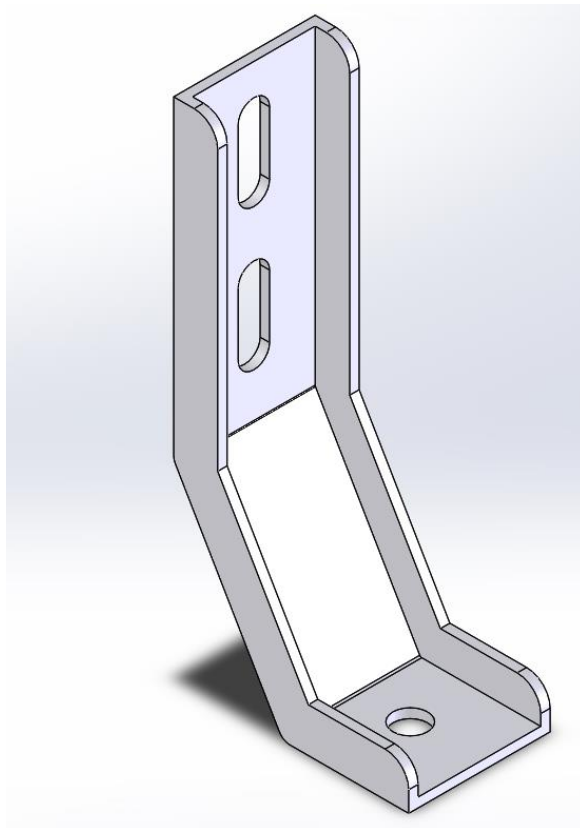
la primera proposta és augmentar el pes de l'estructura i la segona es fixar-lo a terra per evitar les vibracions.

De les dues opcions es desestima la primera esmentada, ja que una de les principals idees per a dissenyar el paletitzador és que sigui versàtil per poder moure'l fàcilment amb una traspaleta i utilitzar-lo en diferents línies, a es a dir, si li augmentem considerablement el pes perdrem aquesta versatilitat.

Un cop escollida la segona opció, la de fixar l'estructura a terra, es pretén utilitzar unes escaires de fixació a terra de l'empresa d'*Ausic*, igual que la perfil·leria de l'estructura i els actuadors lineals, per seguir la línia de l'estructura.

S'utilitzaran quatre esquadres de fixació a terra de ferro pintat de color gris amb referència 084.409.001. Aquestes escaires estaran col·locades dues a cada lateral de l'estructura del paletitzador, fixades als perfils verticals a cargol i femella a través de la ranura del perfil.

Per fixar les escaires a terra serà necessari, o bé mecanitzar al terra o col·locar les esquadres a sobre d'algun element amb una rosca interior, ja que aquestes escaires disposen de colissos per regular la seva alçada, i que estigui fixat amb el terra.



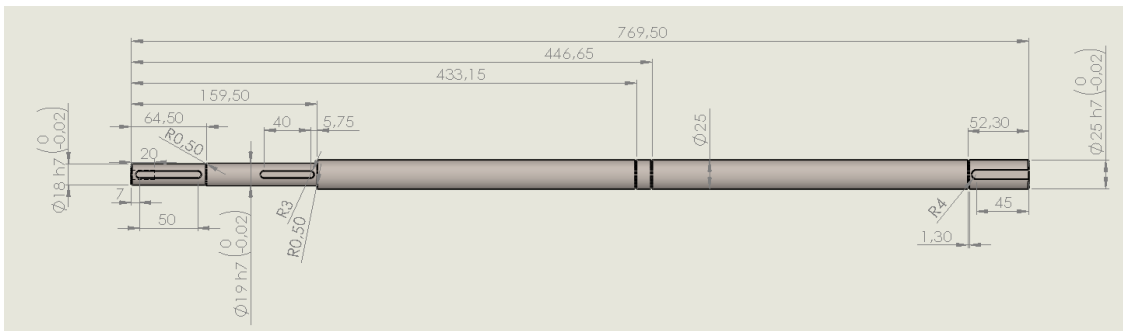
Il·lustració 43. Escaire de fixació a terra amb referència 084.409.001

4.4.2. Modificació dels eixos dels actuadors en X

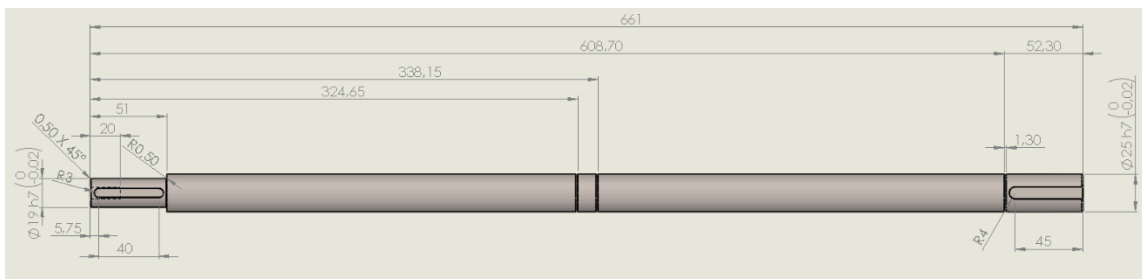
Per evitar la flexió dels eixos dels actuadors lineals X es dissenyaran dues ranures per anells elàstics segons la normativa estàndard DIN 471. Aquestes ranures seran per retindre un rodament que fixarà aquesta flexió deguda al pes de l'acoblament dels eixos.

Tant els rodaments com el suport d'aquests es mencionen a l'apartat 4.4.3.

Finalment, el disseny dels eixos X1 i X2 per transmetre la potencia que provoca el motoreductor de cargol sense fi serà el següent.



Il·lustració 44. Nou disseny de l'eix X1



Il·lustració 45. Nou disseny de l'eix X2

4.4.3. Suports per als eixos dels actuadors en X

Per solucionar un problema de fabricar un eix massa llarg, per evitar problemes o per si a la zona de la fàbrica on ha d'anar el paletitzador hi hagués una part de l'estructura una mica més elevada que l'altre per imperfeccions del terra, es decideix col·locar un acoblament i així, evitar mecanitzar un eix excessivament llarg i absorbir el possible desnivell, tal i com es comenta a l'apartat 4.2.6.

Aquest acoblament causa que quan els eixos roten a gran velocitat, flectin degut al seu propi pes i a que la part que subjecta els eixos queda a molta distància de l'acoblament.

La repetició d'aquest problema podria causar que els eixos es trenquessin abans de l'esperat, per tant, s'ha de mirar de solucionar aquest problema de flexió.

Una possible solució és emprar dos acoblaments en lloc de un centrat, d'aquesta manera es repartirien els pesos però podria continuar flectant.

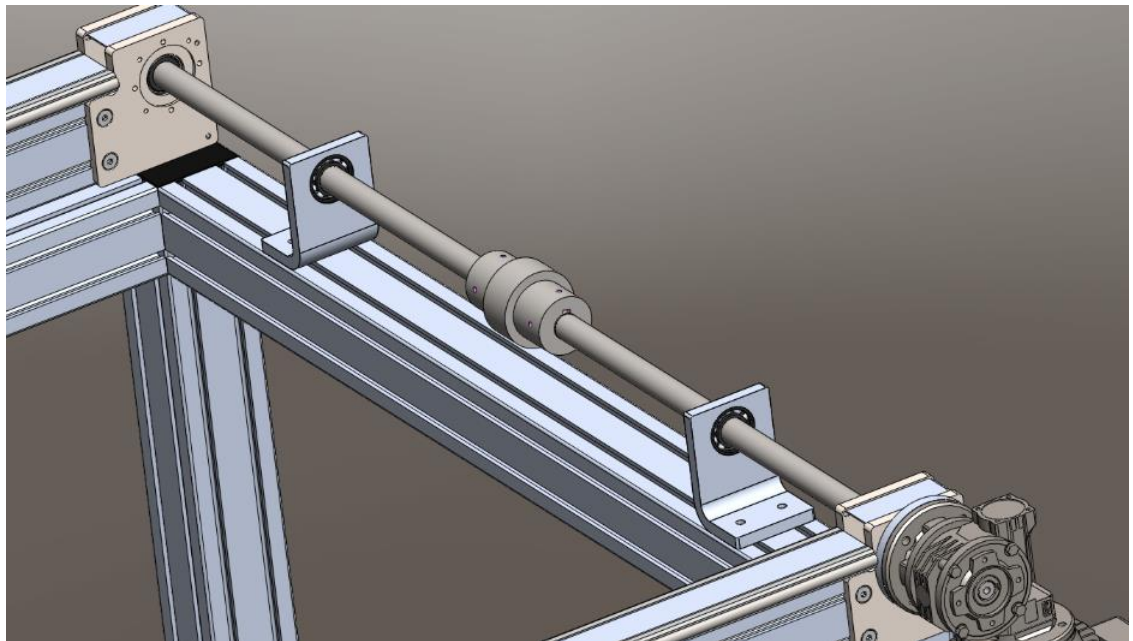
Finalment es decideix utilitzar només un acoblament centrat, tal i com està ara, però entre l'acoblament i els capçals que suporten els eixos es col·locarà una platina en forma d'angle. Aquesta disposarà amb un forat per encabir-hi un rodament per on girarà l'eix.

Per fer possible això se l'hi hauran de mecanitzar als eixos dos ranures per anells elàstics per evitar que el rodament es desplaci i quedi fixe amb la platina que anirà collada en el perfil.

Per a fer el suport del rodament, s'utilitzarà una platina d'alumini 5754 en forma de "L" d'un espessor de 12 mm el mínim per a subjectar tota l'amplada del rodament. Aquesta platina anirà fixada com s'ha dit anteriorment, amb dos forats de 8,5 mm de diàmetre, per collar-la directament a les ranures del perfil. El plànol corresponent d'aquest angle és el OK170001-01-0010.

El rodament emprat per a fer de suport a l'eix, bé donat pel diàmetre d'aquest, per tant, s'ha escollit un rodament rígid de boles amb referència 6005 de l'empresa *Eurobearings*.

Les mides del rodament són de 25mm de diàmetre interior, 47 mm de diàmetre exterior i 12 mm d'espessor.



Il·lustració 46. Muntatge dels suports dels eixos

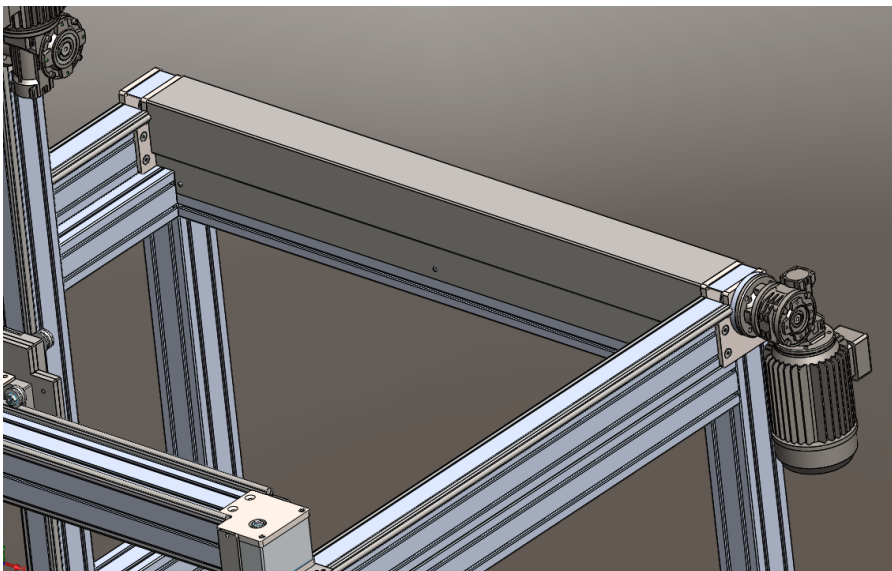
D'aquesta manera s'evitarà la flexió de l'eix quan rota degut al pes de l'acoblament i s'assegura un bon funcionament d'aquests.

4.4.4. Protecció per als eixos dels actuadors en X

La zona on es troben els eixos i l'acoblament, queda accessible al estar a poca alçada (a uns 1800 mm aproximadament), on fàcilment un operari podria estirar la mà i passar-la entre l'espai que queda entre els eixos i el perfil.

Si per algun motiu el paletitzador està funcionant i un treballador passés la mà per aquesta zona podria haver perill d'atrapament, posant en perill la seva integritat física i en conseqüència, fer malbé algun element del paletitzador.

Per evitar que això passi, s'ha dissenyat un protector per a que la zona dels eixos no sigui accessible i aquests quedin ocults.



Il·lustració 47. Protector dels eixos dels actuadors en X

Aquest protector es de xapa d'acer inoxidable AISI 304 de 2 mm d'espessor, doblegat i tallat de forma que quedi completament encaixat amb els capçals dels actuadors lineals i amb el perfil, on anirà fixat per mitjà d'uns forats mecanitzats de diàmetre 8,5 mm, per on passarà el cargol per anar a buscar la femella dins de la ranura del perfil. El número de plànol del protector és el OK170001-01-0009.

Per tant, aquest protector tindrà la funcionalitat únicament de protegir tota la zona dels eixos i l'acoblament dels actuadors de l'eix X del paletitzador.

4.4.5. Decisió dels motoreductors

Al realitzar la prova del paletitzador amb els motoreductors de cargol sense fi d'*Hydromec*, s'ha pogut observar que aquests no tenen l'acceleració necessària per poder desplaçar els actuadors lineals a la velocitat que es pensava arribar en un principi, degut a que les carreres disponibles es queden massa curtes.

Un altre problema que també s'ha pogut detectar és que, tant els actuadors lineals en Y com en els de X, quan s'ha de fer un canvi de direcció brusc, no es queden a la posició que haurien sinó que patinen abans d'aturar-se del tot.

Per mirar d'evitar que quan s'hagi de canviar de direcció bruscament el patí no es desplaci per la inèrcia que du, es podria; o bé baixar la velocitat a la que es desplaça, cosa que seria un inconvenient, o muntar aquests motoreductors amb fre igual que el de l'eix Z.

Respecte al problema d'acceleració comentat anteriorment, la solució seria mirar de canviar el tipus de motor que es fa servir per algun més sofisticat que aportí la màxima velocitat que es busca per millorar el rendiment.

Com a punt en contra, la selecció d'uns motors més potents segurament també equivaldrà a un pressupost més elevat, per tant, s'haurà de tindre en compte aquest factor.

Finalment es decideix buscar en el mercat uns motoreductors amb un rendiment més alt que els de cargol sense fi que s'han estudiat fins ara per poder comparar-los, i així decidir, segons la relació qualitat-preu que doni cadascun, quin serà millor pel projecte.

Per poder escollir un nou motoreductor amb un millor rendiment que els emprats fins ara, es procedeix a acabar el disseny dels elements del paletitzador per així poder apropar-nos més al pes real que hauran de suportar i desplaçar els nous motors. Així s'evitaran errors d'estimacions de les carregues i permetrà més precisió a l'hora de realitzar els càlculs.

4.4.6. Fixació d'un punt zero pel palet

S'havien dissenyat uns perfils a la base de l'estructura per fer de límit pel palet amb intenció de que aquest no arribés fins al final de l'estructura del paletitzador, però no ha sigut suficient per fixar el palet.

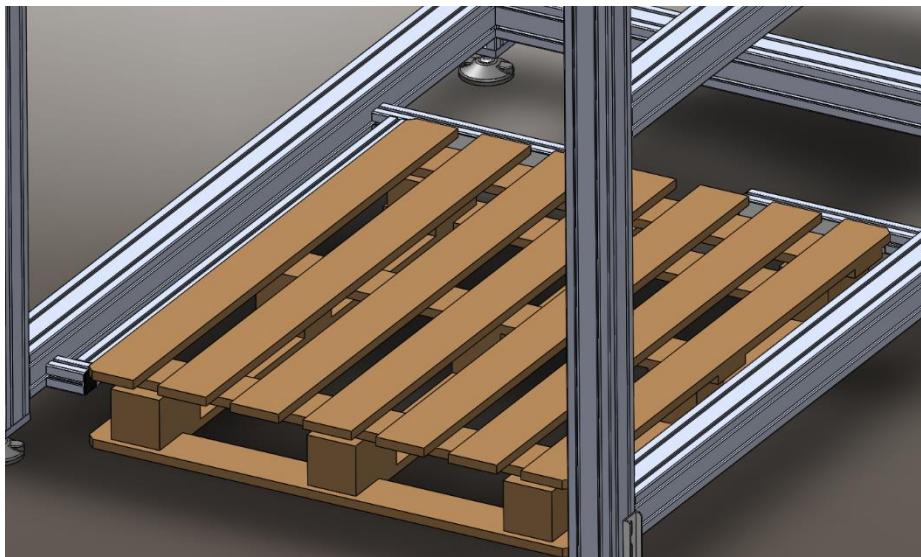
S'ha d'assegurar que el palet no té cap marge d'error al ser col·locat, aquesta situació condueix a dissenyar un sistema *poka-yoke*.

Poka-yoke és un terme japonès que significa: *Poka*: "error no intencionat, equivocació ..." i *Yoke*: "evitar", és a dir, "evitar equivocacions"

Per tant per millorar la verticalitat, s'ha decidit allargar els perfils que feien de límit per evitar que el palet quedi tort o mal col·locat. A més a més, d'aquesta manera també es podran utilitzar palets més petits que l'universal o l'europeu.

Per garantir l'horitzontalitat del palet, es mecanitzaran dos perfils que obliguin a recolzar-lo i així, evitar que aquest quedi mal situat, ja que de donar-se el cas, podria provocar errors a l'hora de paletitzar.

Per tant, la posició del palet haurà de quedar sempre arran de la cantonada esquerra del *poka-yoke* dissenyat tal i com es veu a la **II·lustració 48**.



II·lustració 48. Posició correcta del palet

4.5. Actuador rotatiu

Els paletitzadors, poden o no tindre un element que els permeti rotar almenys 90°. En aquest projecte, per poder fer un bon posicionat de les caixes que s'hauran de paletitzar sobre el palet, serà necessari que el paletitzador sigui capaç de girar-les per aprofitar al màxim l'espai disponible del palet sempre que sigui possible.

Depenent de les mides que tinguin les caixes, el programa del paletitzador seleccionarà un mosaic de paletitzat o un altre, per tant, el paletitzador disposarà d'un sistema de gir per tindre un rang més alt en posicionament dels productes al palet.

Poder girar els paquets a paletitzar, dóna un plus a l'hora de l'aprofitament d'espais, per tant, és un punt importantíssim a tindre en compte a l'hora de dissenyar el paletitzador, ja que d'aquesta manera,

resultarà possible apilar més mides diferents de caixes. Com més mides diferents de paquets sigui capaç de paletitzar el paletitzador, més versàtil serà, un objectiu que es té marcat des de l'inici del disseny del projecte.

Amb les anteriors conclusions extretes, es fa una cerca dels diferents actuadors rotatius del mercat, i per les especificacions requerides del paletitzador, es decideix buscar un actuador rotatiu pneumàtic.

Els actuadors rotatius o de gir pneumàtics, es poden classificar en tres tipus depenent del seu funcionament.

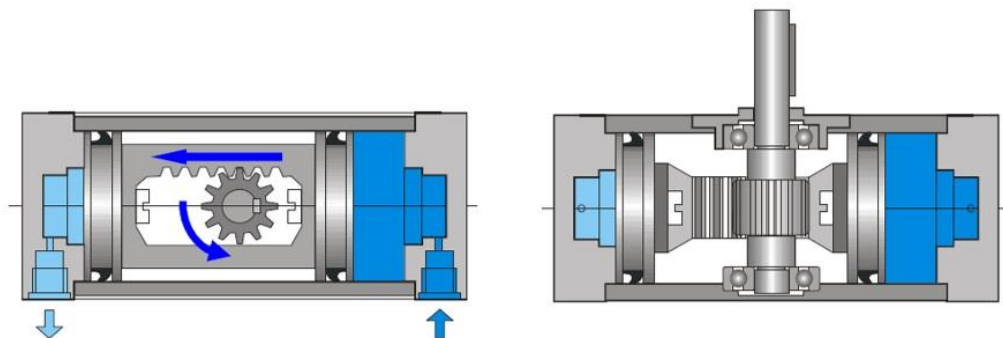
4.5.1. Classificació dels actuadors rotatius

- *Pinyó-cremallera simple:*

Aquests actuadors transformen el moviment lineal alternatiu d'un pistó en un moviment de gir alternatiu per mitjà d'un mecanisme de pinyó i cremallera.

El pinyó és una roda dentada normalment amb forma cilíndrica que descriu un moviment de rotació al voltant del seu eix.

La cremallera és una peça dentada que descriu un moviment rectilini en un o altre sentit, segons la rotació del pinyó. Aquest pinyó, actua com a element motor, i la cremallera, com a element conduït. Així es realitza la transformació de moviments circulars en moviments rectilinis.



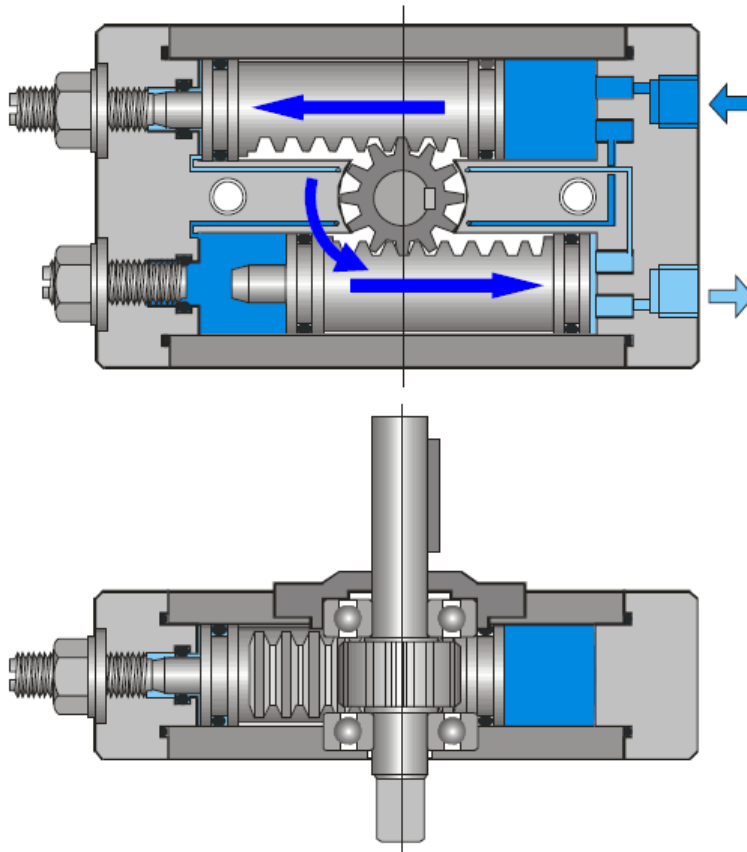
Il·lustració 49. Actuador rotatiu pinyó-cremallera simple

Els avantatges que ofereix aquest tipus d'actuador, es basen en que ofereix la possibilitat d'acoblar-li un amortiment pneumàtic per evitar retrocessos en el gir. També duen una detecció magnètica incorporada, per així facilitar el posicionament del gir, podent escollir els graus necessaris que han de girar.

- *Pinyó-cremallera de doble cremallera:*

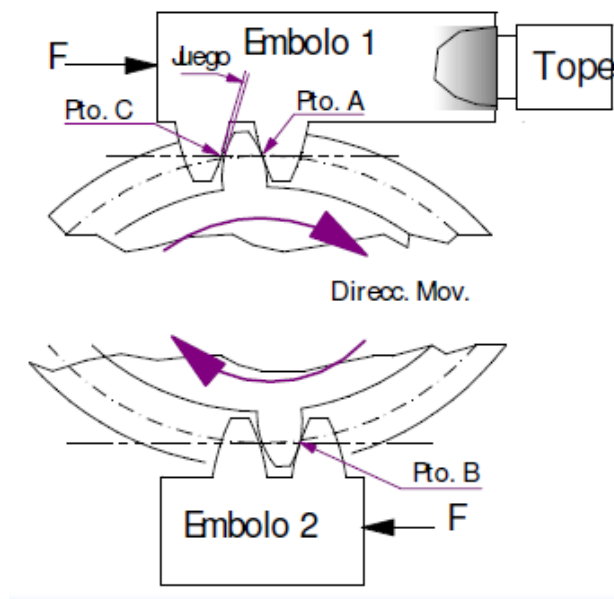
Aquests actuadors transformen el moviment lineal alternatiu de dos pistons en un moviment de gir alternatiu mitjançant dos cremalleres que ataquen a un mateix pinyó.

Els pistons es mouen en sentit oposat sobre el pinyó. Com a conseqüència, es sumen els seus esforços, per tant, que el parell que pot oferir aquest actuator és superior al de pinyó-cremallera simple.



Il·lustració 50. Actuator rotatiu pinyó-cremallera de doble cremallera

Els actuadors de gir de doble cremallera es consideren de joc nul, el qual, no significa que no existeixi joc entre el pinyó i la cremallera, sinó que en els punts finals de carrera queda anul·lat tal i com es veu a la **Il·lustració 51**. El pinyó queda immobilitzat entre el punt A del èmbol 1, que ha arribat al seu límit. Alhora, el punt B del èmbol 2, que manté l'empenta degut a l'acció de la pressió el produïda pel pinyó, segueix girant fins contactar amb el punt A, eliminant així el possible joc entre les dents del pinyó i les cremalleres.



Il·lustració 51. Funcionalitat de l'actuador rotatiu de doble cremallera

S'ha de tindre en compte que hi ha situacions on el parell real que realitzarà l'actuador, serà la meitat del teòric, ja que aquest parell serà només realitzat per l'èmbol que no ha arribat fins al seu límit. Aquestes situacions es donarien en els punts finals de carrera, tant a l'inici com en el final.

Aquesta circumstància és precisament deguda al joc entre les dents, i es donarà fins que el pinyó contacti amb el punt C de la cremallera que ha fet tope. A partir d'aquest moment, el parell real torna a ser el que hauria de ser a les dues cremalleres. Aquest és el parell que s'expressa en els catàlegs de les empreses que comercialitzen aquests tipus d'actuadors de gir.

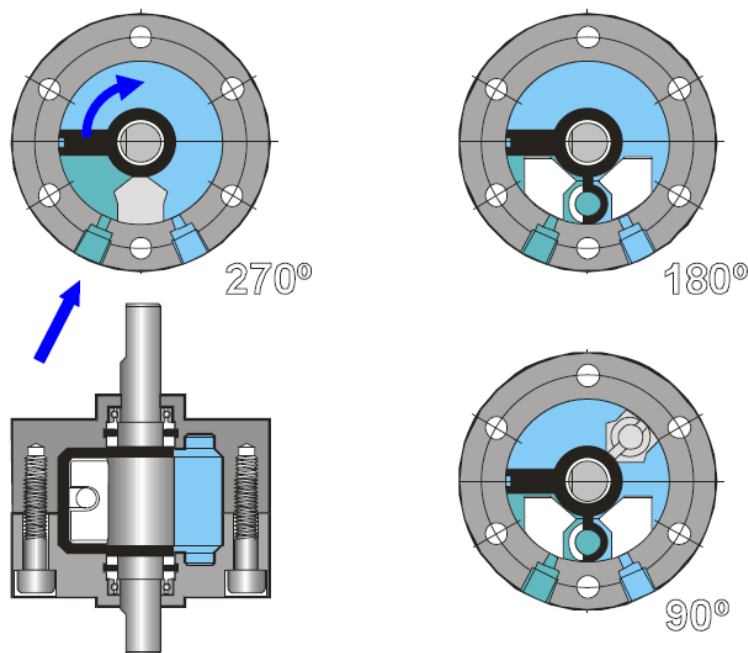
Els avantatges que en ofereix aquest tipus d'actuador són diversos:

- Disposen de dimensions reduïdes.
- Com s'ha explicat, tenen joc nul (compensat).
- Duen detecció magnètica incorporada.
- Ajust precís de l'angle de gir.
- Opció d'amortiment del gir pneumàtic o hidràulic.
- Opció d'eix centrar buit.

- *De paleta:*

Aquests actuadors de gir produeixen el moviment a partir del gir de l'eix provocat directament per l'empenta de l'aire a pressió que actua sobre una paleta (paleta) unida a aquest mateix eix.

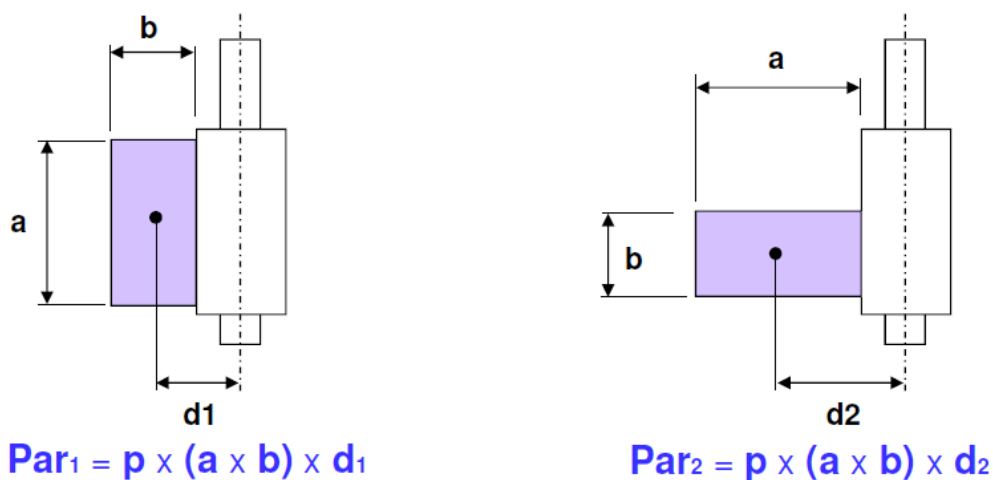
En aquests actuadors no existeix joc, i el parell es transmet íntegrament fins el límit final de la paleta.



Il·lustració 52. Actuador rotatiu de paleta

L'aire a pressió produeix una força sobre la paleta igual a la pressió de l'aire per la superfície d'aquesta. El punt d'aplicació de la força resultant, estarà en el centre de gravetat de la superfície i definirà el parell que es capaç d'oferir aquest actuador.

Una paleta d'iguals dimensions pot oferir parells de sortida diferents depenent del seu posicionament.



Il·lustració 53. Parell que pot oferir una mateixa paleta depenent del posicionament

Els principals avantatges dels actuadors rotatius de paleta, són que no disposen de joc en els extrems i que es compta amb tot el parell disponible al llarg de tota la seva carrera, incloent-hi els extrems.

4.5.2. Selecció de l'actuador rotatiu

Un cop realitzat l'estudi dels diferents tipus d'actuadors rotatius del mercat, es decideix emprar l'actuador de pinyó-cremallera amb doble cremallera, ja que són els que més avantatges ofereixen respecte als demés, i per les seves característiques en relació a la mida, seran els que millor s'adaptaran a l'espai on ha d'anar l'actuador.

Amb el tipus d'actuador decidit, es passa a preguntar a diferents proveïdors sobre els productes que disposen i els preus d'aquests.

Després de demanar informació a diversos proveïdors d'actuadors rotatius, es decideix tirar endavant amb l'empresa *SMC Corporation*, ja que disposen de gran varietat d'aquests, específics per a cada necessitat.

Per poder escollir l'actuador de gir adient, es parla amb el responsable tècnic de SMC per demanar consell i se li explica la funcionalitat que es necessita, les càrregues que ha de suportar i el tipus d'actuador rotatiu que es desitja.

Finalment el tècnic recomana la utilització d'un actuador de gir de doble pinyó-cremallera de tipus taula, ja que s'adapta millor a les necessitats i que haurà de ser de mida gran per poder treballar correctament, ja que la massa que ha de suportar és bastant gran. Concretament l'actuador ha de ser el MSQB 100. Amb aquesta dada es dissenya una placa que unirà l'actuador rotatiu amb el sistema de subjecció del producte i es passa a calcular l'actuador rotatiu recomanat per assegurar que compleixi les especificacions que es demanen.

Un cop realitzats els càlculs mostrats en l'apartat **A1.5** dels annexos, es confirma que l'actuador recomanat pel tècnic de SMC complirà amb les necessitats per les que és requerit. Per l'aplicació per tant, l'actuador rotatiu escollit és el MSQB100R.

A part, la pàgina web de *SMC Corporation*, té a disposició dels clients un software online el qual permet introduir totes les necessitats que es presenten a l'aplicació desitjada, calcula i fa un filtrat de tots els actuadors del catàleg per mostrar quin és l'actuador de gir que millor s'adequa a elles .

Als annexos s'ha adjuntat a l'apartat **A5.5** el càlcul del software online de la pàgina de *SMC*.



Il·lustració 54. Actuador rotatiu MSQB100R

S'utilitzarà aquest software per reafirmar que l'actuador rotatiu seleccionat és el correcte. S'adjunten els resultats de la simulació del software als annexos.

4.5.3. Placa d'unió entre l'actuador rotatiu i el sistema de subjecció del producte

A la mateixa vegada que es calculava l'actuador rotatiu, s'ha dissenyat la placa que haurà de girar i que contindrà alhora, el sistema de subjecció del producte.

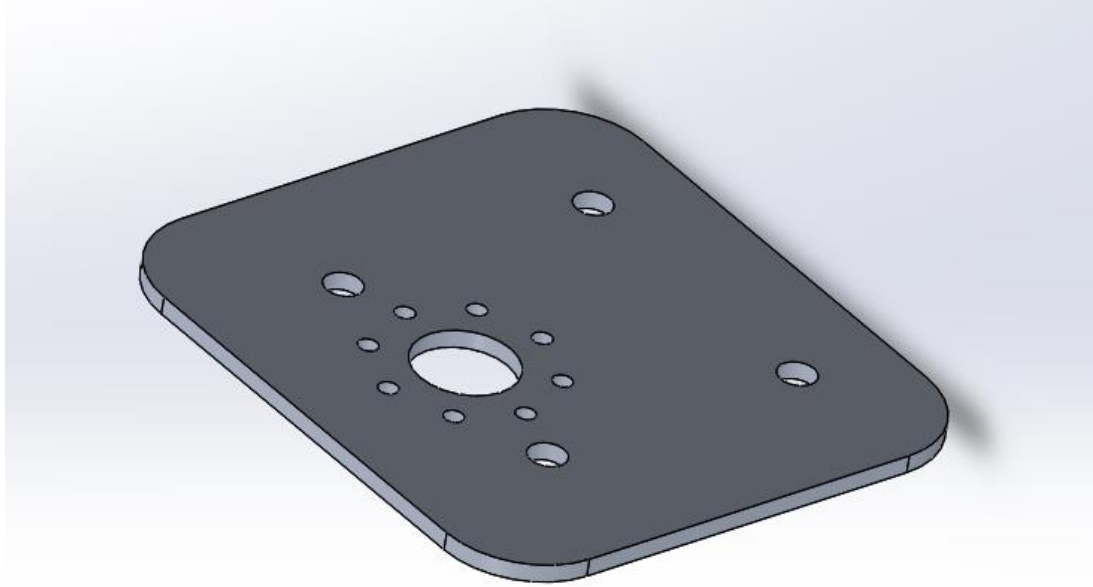
Com s'ha demostrat en l'apartat del càlcul de l'actuador de gir, les dimensions d'aquesta placa afecten directament al funcionament d'aquest per tant, s'ha dissenyat amb les mides més reduïdes possibles però pensant he s'hi haurà d'adaptar un sistema de subjecció.

La placa és d'espessor 8mm i conté diversos forats com es pot veure en la següent imatge.

Els forats més petits són de diàmetre 8,5 mm. Seran els que des de baix collaran a l'actuador rotatiu. El forat del centre servirà per alleugerir una mica la peça i finalment, els quatre forats repartits són de diàmetre 16,5 mm on aniran col·locades les ventoses.

El material ja està calculat a l'apartat de selecció de materials. La placa és per tant d'alumini 5754.

Amb aquest material la placa pesarà uns 1,3 kg, una mica menys del que s'havia suposat per fer els càlculs de l'actuador rotatiu. Es tornen a fer els càlculs amb aquest pes que ens dona *Solidworks* i es veu que pràcticament no varia per tant, la placa i l'actuador són correctes.



II·lustració 55. Placa d'unió entre l'actuador de gir i el sistema de subjecció

4.5.4. Placa d'unió entre l'actuador rotatiu i l'actuador lineal Z

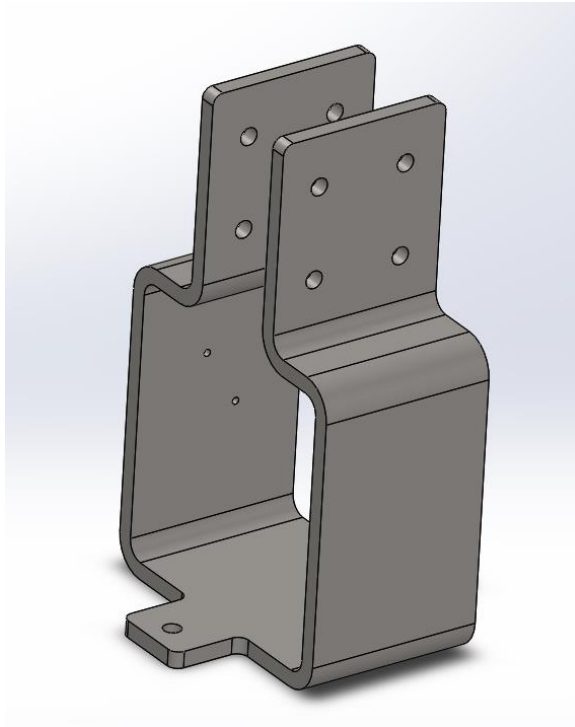
L'actuador de gir ha d'anar situat al final de l'actuador lineal Z, ja que serà la part més propera al producte que s'ha de paletitzar.

Per poder fixar l'actuador es dissenya una placa que es collarà directament a les ranures del perfil de l'actuador lineal Z a cargol i femella.

Per fixar l'actuador de gir a la placa s'utilitzaran els forats dels que disposa l'actuador. D'aquesta manera s'han dissenyat dues rosques de mètrica 10 per poder collar-lo directament a la placa sense necessitat d'utilitzar femelles.

Per donar forma a la placa s'ha seguit la línia del perfil de l'actuador lineal Z vigilant no causar interferència amb el patí. Se li ha donat la suficient amplada a la base per poder fer la peça per doblec sense problemes tal i com s'observa a la **II·lustració 56** i evitar tractaments de soldadura que encaririen el procés de fabricació.

Aquesta placa és d'espessor 8 mm i tal i com s'ha calculat a l'apartat de selecció dels materials **A1.1** dels annexos, estarà feta d'acer inoxidable AISI 304.



II-lustració 56. Placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador lineal Z

4.6. Sistema de manipulació del producte

Per poder traslladar el producte que s'ha de paletitzar des del punt inicial, on es rebrà la caixa, fins a col·locar-lo correctament posicionat al palet, és necessari dissenyar un sistema de subjecció adequat al producte que es vol paletitzar.

Com el paletitzador que s'està dissenyant està pensat per paletitzar els productes a final de línia, aquests productes seran caixes de cartró de diferents mides.

Per realitzar aquesta subjecció hi ha dos tipus de tecnologies utilitzades habitualment com elements de subjecció en aplicacions de manipulació de productes; sistemes de subjecció per mitjà de pinces mecàniques, o bé equips de manipulació per buit mitjançant ventoses.

Com un dels primers objectius en el disseny del paletitzador és la versatilitat d'aquest, s'escull manipular les caixes per mitjà d'un sistema de manipulació per buit amb ventoses.

La raó de la selecció d'aquest sistema és que, com s'explicarà més endavant, permet treballar amb més varietat de mides de caixes ja que es té la possibilitat d'utilitzar múltiples les ventoses a la vegada o només alguna. Els sistemes de subjecció per pinces, en canvi, impliquen haver de dissenyar una pinça molt gran per poder adaptar els diversos formats de caixa possibles, fet que obligaria a utilitzar unes pinces més sofisticades, elevant així el preu i el pes que hauria de suportar l'actuador Z.

A l'hora de realitzar el disseny tècnic d'un sistema de buit s'ha de tenir en compte un gran nombre de factors per poder garantir un procés eficient i segur.

Es parla de buit o de depressió quan la pressió dins d'un recinte tancat és inferior a la pressió ambiental. A l'altitud del nivell del mar, la pressió ambiental és de 1.013 mbar i disminueix amb l'augment de l'altitud.

En la tecnologia de buit, l'expressió varia segons el camp d'aplicació. Per a la manipulació per buit, és suficient un buit relativament baix, l'anomenat sota buit. El rang de pressió de sota buit va des d'1 mbar fins a 1.013 mbar (pressió ambiental al nivell del mar).

En l'àmbit de la tècnica de buit, el buit s'indica com a valor relatiu, és a dir, la depressió s'indica en relació a la pressió ambiental. El valor de buit que s'indiqui portarà davant el signe negatiu ja que com a punt de referència per a la pressió ambiental es pren el 0 mbar.

En canvi, en l'àmbit científic, el buit s'indica com un valor absolut. Aquí, el punt de referència és el punt zero absolut, és a dir, l'espai sense aire. Per això, el valor de buit porta sempre un signe positiu.

Els sistemes de buit s'utilitzen per crear dispositius de subjecció amb ventoses en aplicacions automatitzades.

Els equips de manipulació per buit amb ventoses consten d'equips de buit, ventoses de buit, elements de fixació (ja dissenyats), els tubs de connexió, i els diversos elements de control del sistema.

4.6.1. Equips de buit

Els generadors de buit estableixen el buit necessari per als processos de manipulació. El buit es pot generar pneumàticament, o bé, elèctricament.

Els generadors de buit pneumàtics realitzen temps de cicle curts, gràcies al seu disseny compacte i lleuger, es poden integrar directament en el sistema.

Els generadors de buit elèctrics, en canvi, s'apliquen en casos en els quals no es disposa d'aire comprimit o en les que es requereixen elevades potències d'aspiració.

Es poden utilitzar diferents generadors de buit per a l'establiment d'aquest. Per norma general, es distingeixen els següents generadors de buit:

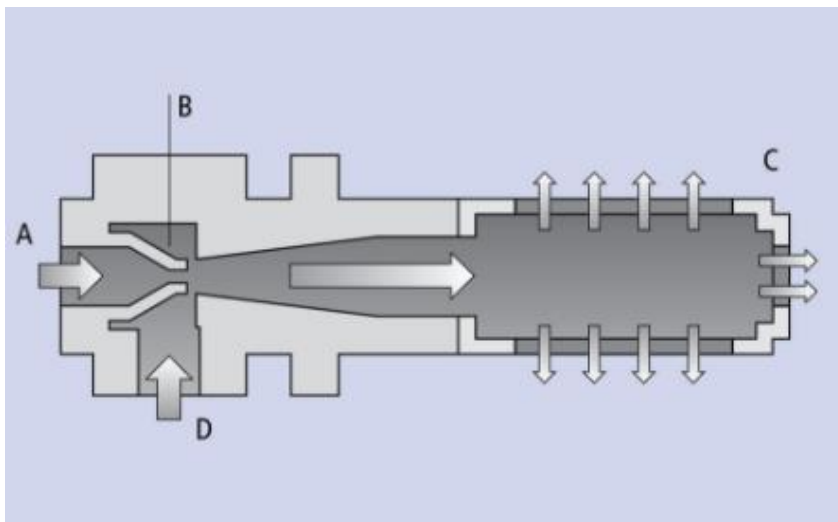
- Ejectors.
- Bombes de buit
- Bufadors de buit

Cada generador té els seus avantatges específics, no obstant, s'ha de tenir sempre en compte el següent: una capacitat d'aspiració alta i una elevada depressió al mateix temps, suposen sempre un consum d'energia alt, per tant, més costos.

- *Ejectors:*

Els ejectors funcionen segons el principi de Venturi i es distingeixen entre ejectors d'una etapa i ejectors amb tecnologia de toveres Eco.

En els ejectors s'introdueix aire comprimit a través de la connexió (A) i aquest flueix per la tovera Venturi (B). L'aire es veu accelerat i comprimit. Després de passar per la tovera s'alleuja l'aire accelerat i es produeix una depressió (buit). D'aquesta manera, l'aire s'aspira a través de la connexió de buit (D). L'aire aspirat i l'aire comprimit surten a través del silenciador (C).



Il·lustració 57. Principi de funcionament d'un ejector d'una etapa

En els ejectors amb tecnologia de toveres Eco, el buit flueix a través de diverses toveres Venturi successivament connectades. La suma de les capacitats de cada tovera dona com resultat la capacitat total d'aspiració.

Els avantatges d'aquest sistema són:

- Disseny compacte.
- Pes reduït.
- Establiment del buit ràpid.
- Precisen de poc manteniment i pràcticament no sofreixen desgast.
- Es poden muntar en qualsevol posició.
- No desprenen calor.

Aquests ejectors és usual trobar-los en aplicacions de robots industrials de tots els sectors per els avantatges que ofereixen respecte als altes generadors de buit.

Dels ejectors se'n distingeixen tres tipus; els mòduls ejectors, els ejectors bàsics i els ejectors compactes.

Els mòduls ejectors contenen amb tecnologia de toveres Eco. Ofereixen una eficient generació de buit i una elevada capacitat d'aspiració amb un consum d'aire reduït.

Són de mida i pes reduïts i ofereixen la possibilitat de muntar-los directament a la ventosa. La seva resistència a la brutícia i la seva porta-tovera d'una sola peça permeten comptar amb llargs intervals de servei i a la vegada, la possibilitat de realitzar una neteja ràpida, senzilla i sense eines.

Els ejectors bàsics són generadors de buit sense control de vàlvules ni monitorització d'estat amb el màxim nivell de buit. S'utilitzen principalment per a la manipulació de peces no poroses.

Gràcies a la seva mida, els ejectors bàsics poden utilitzar-se també en espais molt reduïts. Amb la seva estructura simple composta per cos base, tovera Venturi, i silenciador, aquest ejector pràcticament no presenta desgast i requereix de poc manteniment. El disseny lleuger del ejector el converteix en un producte ideal per utilitzar en processos molt dinàmics.

Finalment, els ejectors compactes són generadors de buit amb tècnica de vàlvules integrada. Al dur les vàlvules integrades, és possible el control d'aspiració i descàrrega sense vàlvules externes. La seva mida és més gran que la dels altres dos tipus d'ejectors, però per altre part, són més sofisticats i tenen la opció de tindre integrada una regulació d'estalvi d'aire. Aquesta interromp la generació de buit quan s'arriba a un valor de buit segur. Només quan deixa d'aconseguir-se un buit mínim definit s'activa de nou la generació de buit.

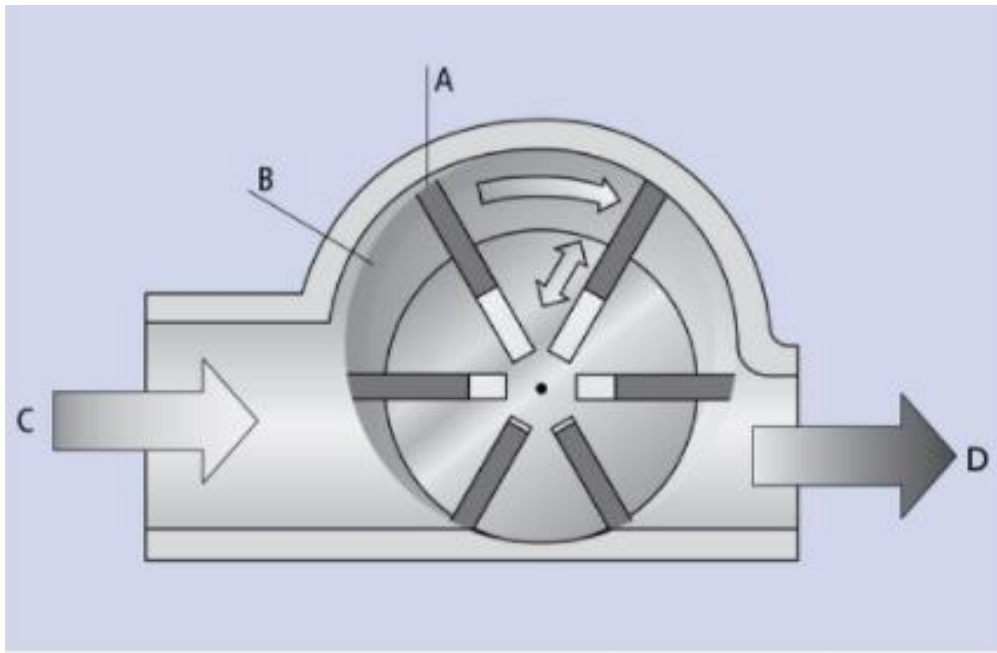
Comparats amb els ejectors de buit convencionals, els ejectors compactes amb regulació d'estalvi d'aire consumeixen molt menys aire comprimit. S'utilitzen en instal·lacions de manipulació completament automatitzades.



Il·lustració 58. Mòdul ejector, ejector bàsic i ejector compacte

- *Bombes de buit:*

Les bombes de buit allotgen una roda cel·lular col·locada excèntricament amb paleta (A). La força centrífuga de la roda cel·lular pressiona aquestes paletes cap a fora. D'aquesta manera es creen cambres de diferents mides (B) que les pales segellen. Quan una càmera s'engrandeix amb la rotació, l'aire s'expandeix. La pressió de l'aire descendeix i es genera depressió (buit). Amb aquest procés, l'aire s'aspira al costat d'aspiració (C) i surt comprimit (aire d'escapament) per l'orifici de sortida (D).



Il·lustració 59. Principi de funcionament d'una bomba de buit

Per motiu de la bona compressió, les bombes generen un buit alt i, depenent del tipus, disposen d'una capacitat d'aspiració relativament alta.

Els principals avantatges que té l'ús de bombes de buit en els sistemes de succió, són que aquest sistema de buit, es capaç de produir una alta depressió amb un alt volum d'aspiració, i també la possibilitat de generació de buit centralitzat.

Les bombes de buit és comú trobar-les aplicades en sistemes de manipulació manual per buit, i en màquines envasadores.

Igual que amb els ejectors, les bombes de buit també es distingeixen en tres tipus; les bombes de funcionament en sec, les bombes lubricades amb oli i les bombes d'anell líquid.

Les bombes de funcionament en sec són bombes d'ús universal que necessiten poc manteniment. S'utilitzen principalment com a generació central de buit en grans sistemes de ventoses per a la manipulació de peces no poroses.

Com indica el seu nom les bombes de buit de funcionament en sec no utilitzen olis.

Disposen de compressors multicel·lulars de les bombes de paletes rotatives i tenen un allotjament amb lubricació contínua. També incorporen ventiladors potents per evitar el sobrecaientament del mecanisme.

Les bombes lubricades amb olis són bombes amb un nivell de buit extremadament alt.

S'utilitzen en sistemes de manipulació en els quals se li dóna gran importància a l'escassetat de sorolls i de manteniment, així com a un alt valor de depressió per a la manipulació de peces no poroses.

Igual que en les bombes de funcionament en sec, també disposen de ventilador per reduir el sobrecaientament i de poc manteniment. Són les bombes de buit ideals quan la generació de buit ha de ser molt alt i gairebé constant.

El tercer grup, les bombes d'anell líquid, són bombes amb refrigeració interna a base d'aigua i que precisen de poc manteniment.

La utilització d'aquest tipus de bombes de buit està estretament relacionat amb els àmbits en què les exigències a l'aire ambiental són altes, per exemple, per a les tasques d'envasament en el sector alimentari.

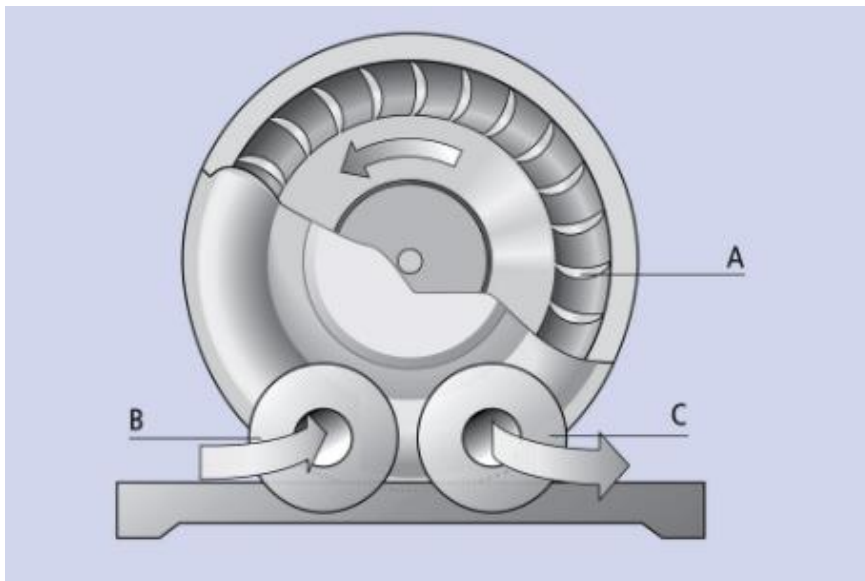
Són adequades per al servei continuat amb grans càrregues sense protecció addicional de sobrecàrrega.



Il·lustració 60. Bomba de funcionament en sec, bomba lubricada i bomba d'anell líquid

- *Bufadors de buit:*

Els bufadors de buit estan compostos per unes fulles (A) que transporten, acceleren i comprimeixen l'aire segons el principi d'impulsos. L'aire es veu arrossegat per les fulles i d'aquesta manera es genera una depressió (buit) al costat d'aspiració (B). L'aire comprimit (aire de sortida) surt per l'orifici de sortida (C) tal i com es veu a la següent imatge.



Il·lustració 61. Principi de funcionament del bufador de buit

Gràcies a un gran volum de canal d'aire i a fulles de forma especial, els bufadors ofereixen un volum d'aspiració molt alt.

Els avantatges d'aquest equip de buit són; una gran capacitat d'aspiració, una alta compensació de fuites i la capacitat d'aspiració de grans volums en molt poc temps.

Els bufadors de buit usualment es veuen aplicats en ocasions on s'han manipular peces molt poroses, com material d'aïllament, taulers de fusta aglomerada, o sacs.

Els bufadors de buit es poden distingir en dos tipus, els bufadors de buit simples i els bufadors de buit amb inversió.

Els simples, disposen d'accionament directe i de regulació per freqüència el qual permet poder adaptar-se a les necessitats específiques del client mitjançant la regulació de la velocitat del motor o de la capacitat d'aspiració.

Per altra banda, els bufadors de buit amb inversió disposen, tal i com diu el nom, d'inversió electro-pneumàtica per controlar l'aspiració, la sortida d'aire i el punt neutre.

S'utilitza amb tots aquells materials que són extremadament porosos, ja que compensa la fuga de l'aire amb una gran capacitat d'aspiració.

Un altre punt a favor d'aquests equips és que a part de ser capaços de poder manipular peces molt poroses, és el baix nivell de soroll que emeten en relació a la potencia d'absorció que ofereixen. A més a més, no emeten vibracions que puguin afectar a la resta de components.



Il·lustració 62. Bufadors de buit simples i bufador de buit amb inversió

4.6.2. Ventoses de buit

La ventosa és el membre d'unió entre la peça i la instal·lació de manipulació. Està composta per una ventosa (peça elastomèrica) i per un filtre.

La ventosa s'utilitza per agafar i moure un peça en una instal·lació o amb un robot. En fer-ho, la ventosa no s'adhereix mitjançant aspiració a la peça, sinó que la pressió ambiental (pressió atmosfèrica) pressiona la peça contra la ventosa o la ventosa contra la peça. Per a això, la pressió ambiental ha de ser major que la pressió existent entre la ventosa i la peça.

Aquesta diferència de pressió s'aconsegueix connectant a la ventosa un generador de buit. El generador de buit aspira l'aire entre la ventosa i la peça, el qual, també se l'anomena evacuació de l'aire.

Quant la ventosa entra en contacte amb la superfície de la peça i es segella contra la pressió ambiental, es genera la depressió necessària.

Bàsicament, les ventoses es poden dividir en dos grups pel que fa la seva forma; les ventoses planes i les ventoses de manxa.

Cada una de les formes té avantatges específics que es poden veure reforçades i optimitzades mitjançant la utilització dels materials de ventosa adequats.

- *Ventoses planes:*

Les ventoses planes són especialment adequades per a la manipulació de peces amb superfícies planes o lleument bombades. Gràcies a la seva forma plana i al seu reduït volum interior, les ventoses planes es poden evacuar molt ràpidament, és a dir, les peces es poden aspirar en un temps mínim i es poden manipular amb alta dinàmica.

Aquest tipus de ventosa es pot trobar fabricada en diversos materials i geometries; rodona, ovalada, de llavi segellador sortint inclinat o pla...

La seva forma de poca alçada i el seu reduït volum interior, permeten temps d'aspiració mínims agilitzant així els processos d'absorció i deixada del producte.

La bona estabilitat pròpia de la ventosa, la fa capaç d'absorbir elevades forces transversals en l'aspirat i garanteix una elevada exactitud de posicionament.

Solen emprar-se en diverses aplicacions, com per exemple, en la manipulació de peces llises a lleument rugoses (com xapes, llaunes de vidre, peces de plàstic o planxes de fusta) i en processos automatitzats amb cicles curts.

- *Ventoses de manxa:*

Les ventoses de manxa s'utilitzen per manipular peces de diferents alçades, superfícies amb desnivells o delicades. Gràcies a la manxa, aquesta ventosa és especialment flexible i adaptable.

Disposen d'una bona adaptació a les superfícies amb desnivells el qual ajuda a compensar si hi ha diferència entre les altures de les peces a manipular.

Un altre avantatge d'aquestes ventoses és que, al aspirar es crea un efecte d'elevació degut a la manxa el que permet una aspiració acurada per les peces, punt molt interessant si les peces que s'han de manipular són delicades o flexibles.



Il·lustració 63. Ventoses planes i de manxa

L'aplicació i les condicions de l'entorn són decisives per a l'elecció de la ventosa i del material adequats. Així, moltes vegades s'exigeix a la ventosa: resistència a l'abrasió, resistència a l'oli i inalterabilitat per comestibles. Aquestes exigències es poden satisfer triant el material adequat.

4.6.3. Elements de control del sistema

Els dispositius de monitorització d'estat, són decisius per al funcionament segur del sistema de buit per realitzar el mesurament i el control de l'equip de buit.

Els components per a la monitorització d'estat s'utilitzen en tots els àmbits de la manipulació automatitzada i altres aplicacions per elevar la seguretat dels processos.

De forma general es distingeixen els següents components per a la monitorització d'estat i el control del sistema:

- *Vacuòstats:*

Hi vacuòstats d'execució mecànica, pneumàtica i electrònica.

En l'execució mecànica es mesura el buit existent mitjançant una membrana i s'acciona un microinterruptor (execució electromecànica) o una vàlvula (execució pneumàtica).

En l'execució electrònica, el buit es mesura mitjançant un sensor que emet un senyal de commutació (analògica o digital).

Els vacuòstats s'utilitzen en un rang de mesura de -1 a 0 bar.



Il·lustració 64. Vacuòstat

- *Pressòstats:*

Els pressòstats electrònics s'utilitzen en un rang de mesurament que oscil·la entre els 0 i els 10 bar.

Els pressòstats amb pantalla digital (VS-P10-D / VS-P10-W-D) es distingeixen per la seva comoditat de maneig. Els punts de commutació i les histèresi es poden programar lliurement mitjançant un teclat de membrana.

S'utilitzen quan s'imposen altes exigències referents a l'exactitud de commutació i repetició, així com per a la realització de temps de commutació curts.

Els pressòstats amb botó d'aprenentatge *Teach*, són especialment adequats per programar de la manera més ràpida i senzilla els punts de commutació del procés.

Els pressòstats amb sortida analògica i digital, es poden utilitzar com a sensors de pressió gràcies a les seves dues sortides.

- *Vacuòstats/Pressòstats combinats:*

Els vacuòstats / pressòstats combinats (VS-P) s'utilitzen en un rang de mesurament de -1 a 10 bar.

L'exactitud de commutació es veu reduïda pel major rang de mesurament.

Disposen de dues sortides de commutació (digital i analògica), de manera que es poden utilitzar també com a sensors de buit o de pressió.

- *Cables de connexió i adaptadors per vacuòstats:*

Els cables de connexió i adaptadors serveixen per connectar els diferents tipus de vacuòstats. Els cables i connectors s'adapten a les exigències específiques dels clients i als estàndards locals.

- *Aparells de mesurament i regulació:*

Els reguladors de buit es poden ajustar mecànicament. Garanteixen un ajust precís amb exactitud de repetició molt alta. Aquests reguladors compensen oscil·lacions de pressió dels generadors de buit motivades pel disseny.

Els reductors de pressió s'utilitzen per ajustar una pressió de sortida determinada quan la pressió en el costat d'entrada (pressió d'entrada) és més alta del que és necessari.

Els manòmetres mesuren i indiquen analògicament el buit. Gràcies a les seves dimensions i connexions normalitzades es poden utilitzar en totes les aplicacions de buit.

- *Dispositius d'avís:*

Els dispositius d'avís serveixen per monitoritzar i avisar quan es produeix una caiguda del buit de treball, i en cas de fallada de corrent, emetent un senyal acústic. El punt de commutació es pot ajustar entre diverses pressions, el que permet un ús flexible a depressions diferents.

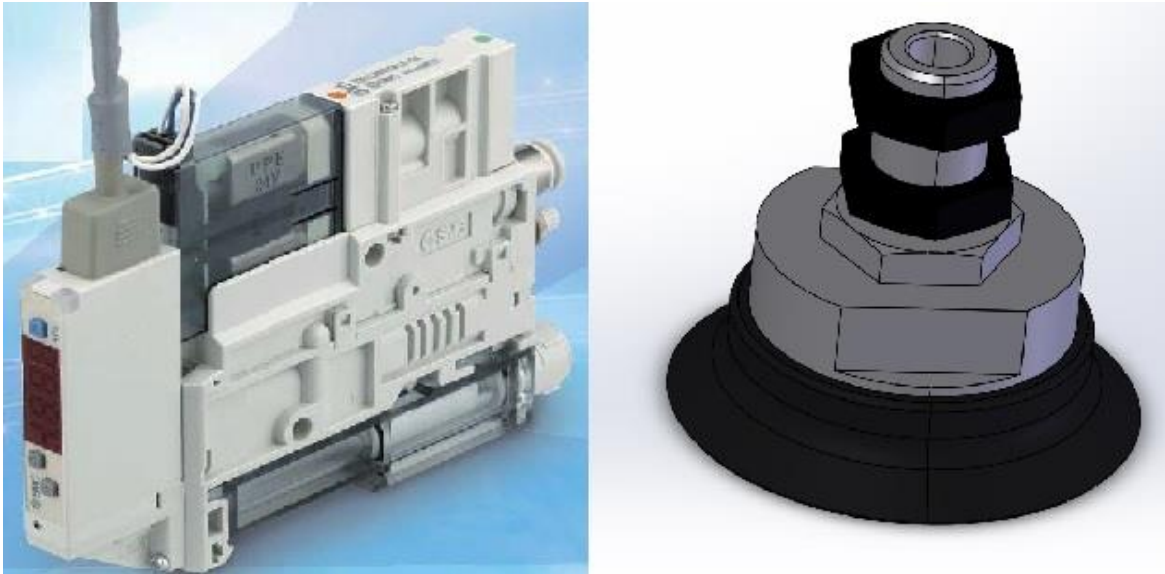
4.6.4. Selecció del sistema de buit

Després de realitzar l'estudi de les parts necessàries per poder dissenyar un sistema de buit complet, s'han de buscar proveïdors per poder seleccionar el sistema més adient.

Després de buscar en catàlegs de diversos proveïdors, s'ha decidit utilitzar el sistema de manipulació per buit de SMC.

Per poder decidir les ventoses i l'equip de buit adient, s'han realitzat uns càlculs previs per tindre una referència i així poder escollir correctament el sistema.

Després de realitzar els càlculs, adjuntats en l'apartat **A1.6.** dels annexos, s'ha arribat a la conclusió que es posaran 4 ventoses amb referència ZPT63HN-A16 i l'ejector de buit ZK2A12K5AL-08.



Il·lustració 65. Ejector i ventosa seleccionats

Aquest ejector du un vacuòstat incorporat amb funció d'estalvi d'energia que desactiva la vàlvula d'alimentació quan s'aconsegueix el nivell de buit desitjat, reduint així el consum d'aire. Aquest nivell de buit és mantingut per una vàlvula antiretorn també inclosa en l'ejector.

Cada ventosa porta acoblada una vàlvula de retenció del buit. Aquestes vàlvules permeten evitar la pèrdua de pressió, inclús quan no hi ha peça el qual permetrà treballar amb diferents mides i tipus de caixes sense haver de canviar el sistema.

Aquestes vàlvules de retenció del buit també són del fabricant *SMC* amb referència ZP2V-A8-07.

El connexionat es farà per mitja de tubs de poliuretà flexible amb referència TUS0425.

El programador del paletitzador, s'encarregarà de subministrar la resta d'elements de mesurament i regulació que falten, ja que escollirà material amb el que estigui familiaritzat, i així, se li facilitarà la feina a l'hora de treballar, connectar i programar-los.

Igual que amb l'actuador de gir, a la pàgina web de *SMC Corporation*, també té a disposició dels clients un software per descarregar, per calcular i poder seleccionar quin és l'equip de buit que millor s'adequa a les necessitats requerides .

Als annexos s'ha adjuntat a l'apartat **A5.4** el càlcul realitzat amb el software.

4.7. Arribada del producte

Per poder paletitzar els productes, s'ha d'iniciar el procés des de un punt zero que ha de ser sempre el mateix. Per arribar a aquest punt serà necessari incloure una cinta transportadora a l'entrada del paletitzador.

Aquesta cinta farà la funció de traspàs de la cinta de final de línia del client, haurà de ser capaç de posicionar les caixes sempre a un punt zero per poder programar l'arribada de les caixes, mantenint una velocitat acord amb la capacitat de paletitzar del paletitzador. S'ha de procurar que i estigui parat esperant els productes (situació que faria disminuir l'eficiència del paletitzador), ni pot tindre una velocitat massa alta que no pugui absorbir la cadència del paletitzador.

Es comunica a l'empresa OPERBER-SITALU2001 les especificacions necessàries amb les que ha de comptar el disseny d'aquesta cinta, ja que disposen d'una àmplia experiència en el sector del disseny i fabricació de cintes transportadores personalitzades.

Les característiques principals que ha d'incloure la cinta transportadors són les següents:

- Una llargada aproximada d'un metre. Uns 400 mm han de quedar dins de l'estructura del paletitzador per facilitar l'agafada de les caixes.
- Una velocitat d'uns 5 m/min, per aconseguir una cadència d'arribada d'una caixa cada 12 segons.
- Una amplada útil de 510 mm per poder paletitzar caixes de fins a 500 mm d'amplada.
- Un posicionador per aturar les caixes al final de la cinta i deixar-les sempre a un punt zero.
- Un mecanisme d'aturada de les caixes per evitar, si hi ha més d'una caixa a la cinta, que aquestes exerceixin força contra la caixa que s'ha de paletitzar.
- La cinta ha d'anar fixada a l'estructura del paletitzador.

La cinta dissenyada és una cinta de rodets amb transmissió per cadena en un xassís de xapa d'acer inoxidable. Té una llargada total d'un metre com es requereix amb 950 mm de recorregut útil.

L'ample total d'aquesta és de 618 mm i l'útil és de 510 mm, sent un dels requisits inicials. Per tant, es podran paletitzar fins a caixes de 500 mm d'amplada.

La velocitat lineal que dona la cinta seria de 4,78 m/minut, molt aproximat als 5 que es demanaven.

S'inclou una platina al final de la cinta per aturar les caixes perquè el paletitzador pugui agafar-les.

Per aconseguir tindre un punt zero al final de la cinta, s'han dissenyat els forats d'on han d'anar collats els rodets desplaçats 1,7 graus per aconseguir que les caixes avancin sempre cap a l'esquerra, per tant,

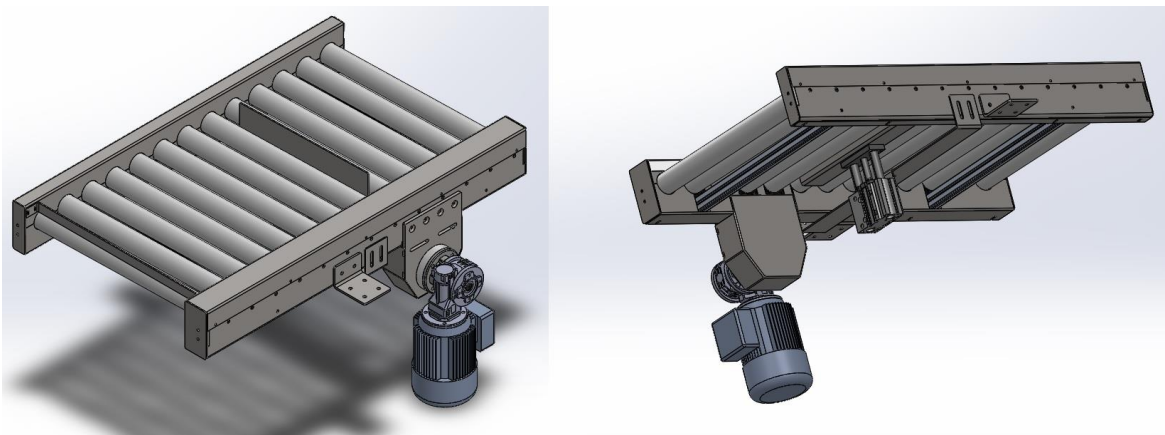
les caixes sempre quedaran aturades al final de tot amb la placa que fa límit, a l'esquerra. A part, com les caixes sempre aniran fregant per la part esquerra, se li fixarà un polietilè per millorar el lliscament.

La cinta està dotada d'un cilindre compacte amb guies del fabricant SMC, que al accionar-se eleva una platina que farà aturar la caixa que vingui per darrere, evitant així la col·lisió amb la caixa que està esperant per ser paletitzada.

Per poder fixar la cinta a l'estructura, aquesta disposarà de dues platines en forma de angle de 90º que la unirà directament amb el perfil del xassís de l'estructura del paletitzador, aconseguint així que sigui tot un mòdul compacte.

Com la cinta anirà fixada directament al perfil horitzontal de l'estructura del paletitzador, a aquest perfil es collarà a la resta de l'estructura amb dues escaires de 87x87 mm. Aquestes escaires són de l'empresa *Alusic*, igual que tota l'estructura, amb referència 084.305.005.

El perfil, al anar fixat amb les escaires, es podrà desplaçar el verticalment i adaptar-se a l'alçada de l'entrada dels productes del client.



Il·lustració 66. Cinta transportadora de rodets

4.8. Segona selecció de motors

Un cop concretats tots els elements del paletitzador, ja tenim un pes gairebé exacte que hauran de desplaçar els motors, per tant, els càlculs realitzats per escollir els nous motors resultaran més precisos.

Per poder tindre un contrast tant econòmic com de rendiment respecte els motoreductors de cargol sense fi que s'han provat, es decideix contactar amb diversos proveïdors de motors i buscar-ne algun amb més prestacions.

Després de fer la recerca, i gràcies als càlculs ja realitzats, es decideix escollir uns servomotors de l'empresa *Yaskawa*, els quals s'adapten a les necessitats requerides.

4.8.1. Servomotors

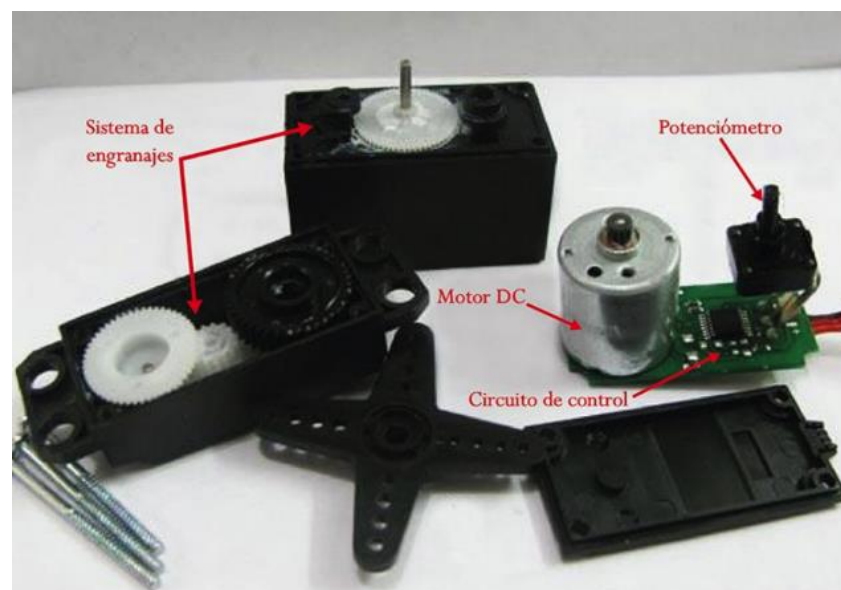
Un servomotor (o servo), és un tipus especial de motor que permet controlar la posició de l'eix en un moment donat. Està dissenyat per moure's un número determinat determinada de graus i després mantenir-se fix en una posició.

És un tipus especial de motor amb característiques especials de control de posició. Al parlar d'un servomotor es fa referència a un sistema compost per components electromecànics i electrònics.

A l'interior dels servomotors s'hi troba el motor, aquest és un motor DC comú. L'eix del motor s'acobla a una caixa d'engranatges similar a una transmissió, això serveix per potenciar el parell del motor i permet mantenir una posició fixa quan es requereix.

La presència del sistema d'engranatges fa que quan es mou l'eix del motor, aquest sigui capaç de produir una inèrcia molt superior a la d'un motor normal i corrent. Per tant, el servo no és un motor com a tal, sinó un conjunt de parts (entre les que s'inclou un motor) que formen un sistema.

L'encarregat de gestionar el moviment i la posició del motor, és el circuit electrònic que du integrat. Els servos contenen al seu interior un *encoder*, conegut com descodificador, que converteix el moviment mecànic (girs de l'eix) en polsos digitals interpretats per un controlador de moviment. També utilitzen un *driver*. El conjunt total, forma un circuit que comanda la posició, el parell i la velocitat.



Il·lustració 67. Parts del servomotor

Generalment els servos estan compostos per les següents parts:

- Motor de corrent continu (DC): És l'element que li dóna mobilitat al servo. Quan s'aplica un potencial als seus dos terminals, aquest motor gira en un sentit a la seva velocitat màxima. Si el voltatge aplicat als seus dos terminals és invers, el sentit de gir també s'inverteix.
- Engranatges reductors: Joc d'engranatges que s'encarreguen de reduir l'alta velocitat de gir del motor per augmentar el parell motor.
- Sensor de desplaçament: Sol ser un potenciòmetre col·locat en l'eix de sortida del servo que s'utilitza per conèixer la posició angular del motor.
- Circuit de control: És una placa electrònica que implementa una estratègia de control de la posició per realimentació. Per a això, aquest circuit compara el senyal d'entrada de referència (posició desitjada), amb la posició actual mesurada pel potenciòmetre. La diferència entre la posició actual i la desitjada, és amplificada i utilitzada per moure el motor en la direcció necessària per reduir l'error.

Hi ha 4 tipus fonamentals de servomotors:

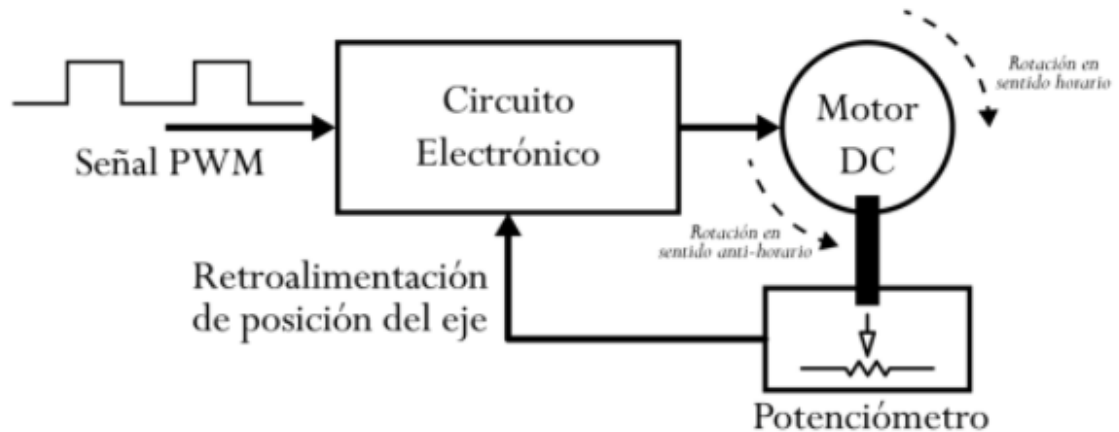
- Servomotors de corrent continu (CC): Són els més habituals. funcionen amb un petit motor de corrent continu. El servomotor es controla per PWM (modulació per amplada de pols).
- Servomotors de corrent altern (AC): Poden utilitzar corrents més potents i per tant, es fan servir per moure grans pesos.
- Servomotors d'imants permanents o *Brushless*: Es diu *brushless* per que és un motor de corrent altern sense escombretes (com les que porten els de CC). S'utilitzen per a grans parells o forces i per a altes velocitats. Són els més usats en la indústria. Estan basats en els motors síncrons.
- Motor Pas a Pas: és un motor elèctric, però que no gira, sinó que avança un "pas". No giren de manera contínua, sinó per passos, és a dir, giren un nombre determinat de graus. La característica principal d'aquests motors és el fet de poder moure'ls un pas a la vegada per cada pols que se li apliqui. El seu control es basa en polaritzar les bobines que porten incloses de manera adequada perquè girin correctament. Són ideals per a la construcció de mecanismes on es requereixen moviments molt precisos.

Els servomotors posseeixen tres cables, a diferència dels motors comuns que només tenen dos. Aquests tres cables gairebé sempre tenen els mateixos colors.

Els colors dependran del fabricant, però és difícil equivocar-se a l'hora de reconèixer els terminals del servo. La necessitat d'un senyal de control per al funcionament d'aquest tipus de motors fa que sigui impossible utilitzar-los sense un circuit de control adequat. Això es deu al fet que, perquè el

circuit de control intern funcioni, cal una senyal de control modulada. Per això s'utilitza modulació per ample de polsos.

El diagrama de bloc del servomotor representa de forma visual el servomotor com un sistema. El circuit electrònic és l'encarregat de rebre el senyal PWM i traduir-la en moviment del Motor DC. L'eix del motor DC està acoblat a un potenciòmetre, el qual permet formar un divisor de voltatge. El voltatge a la sortida del divisor varia en funció de la posició de l'eix del motor DC.



II·lustració 68. Diagrama de blocs del servomotor

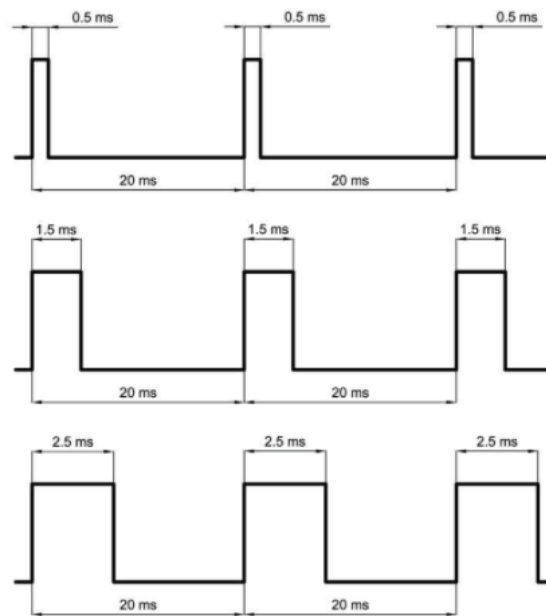
Quan l'eix del motor modifica la posició del potenciòmetre, el voltatge a la terminal central varia. El potenciòmetre permet que el circuit de control electrònic es pugui retroalimentar amb la posició del motor en un moment donat. Això, es coneix com un sistema de llaç tancat.

Els servomotors de rotació contínua separen el potenciòmetre de l'eix del motor. Això impedeix que el circuit de control pugui llegir la posició de l'eix, per la qual cosa, provoca un moviment continu al no ser capaç de complir la condició perquè el servo s'aturi.

Els servomotors de rotació contínua, normalment poden girar en un sentit, en un altre i aturar-se. Es pot modificar la velocitat de gir, però no es podrà aconseguir, per exemple, que el servo es mogui una determinada quantitat de graus i després s'aturi.

Els senyals de PWM requerits perquè el circuit de control electrònic, són similars per a la majoria dels models de servo. Aquest senyal té la forma d'una ona quadrada. Depenent de l'ample del pols, el motor ha d'adoptar una posició fixa.

Els senyals, tal i com es pot veure a la següent **II·lustració 69**, són els que permeten que l'eix del motor adquireixi una posició determinada. Aquestes senyals han de repetir-se en el temps perquè el motor mantingui una posició fixa.



Il·lustració 69. Exemples de trens de polsos en l'eix d'un servomotor

4.8.2. Selecció dels servomotors

Per seleccionar els servomotors que compleixin amb els requisits que s'imposen, es transmet la informació al tècnic amb tots els pesos, velocitats i objectius a complir.

Yaskawa realitza els càlculs dels tres servomotors, els controladors i els cables necessaris per a cada actuador lineal.

- *Eix Z:*

Motor: SGMGV-09D3A6E

Caixa reductora: PE2-090 1ST 19-P0411403404

Drive: SGV-3R5DE1A002000

Cables: B1EV-03(A)-E
JZSP-CVP02-05-E

- *Eix Y:*

Motor: SGMGV-05D3A61

Caixa reductora: PE2-090 1ST 19-P0411401102

Drive: SGV-1R9DE0A002000

Cables: JZSP-CVP07-05-E

- Eix X:

Motor: SGMGV-09D3A61

Caixa reductora: PE2-090 1ST 19-P0411403404

Drive: SGV-3R5DE1A002000

Cables: B1EV-03(A)-E

JZSP-CVP07-05-E

Els càlculs proporcionats per *Yaskawa* estan inclosos en els Annexos.

El pes dels servomotors és aproximadament d'uns 6 kg, 3,7 kg el motor i 2,3 kg la caixa reductora.

Amb aquesta motorització no resulta necessari incloure els posicionadors lineals magnètics de *Hohner* ja que el propi servomotor du integrat un *encoder*.

Si s'haguessin de canviar els motoreductors de cargol sense fi que estaven previstos per muntar els servomotors, el que si que variarà i s'haurà de redissenyar, són els eixos i els adaptadors del motor al capçal dels actuadors lineals, ja que tant l'entrada com la mida dels servos són completament diferents.



Il·lustració 70. Servomotors *Yaskawa* pels eixos X, Z (esquerra) i Y (dreta)

4.9. Modificacions per adaptar els servomotors

Com s'ha comentat en el punt anterior, s'han de dissenyar uns nous adaptadors per poder collar els servomotors al capçal dels actuadors lineals i adaptar els eixos per transmetre el moviment.

Els servomotors, a diferència dels motoreductors de cargol sense fi, no disposen de forat per introduir-hi l'eix, sinó que tenen un eix sortint, per tant, s'haurà de realitzar un acoblament per transmetre el moviment del servo a l'actuador lineal.

4.9.1. Acoblament de l'eix de l'actuador lineal amb l'eix del servomotor

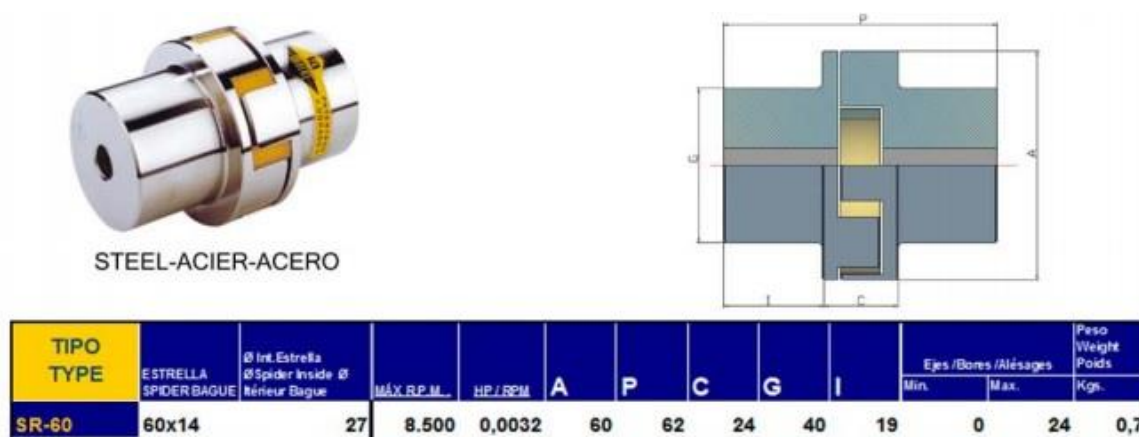
Els servomotors de *Yaskawa* transmeten la potència a través d'un eix pel que serà tant serà necessari utilitzar un acoblament, com s'ha fet per transmetre la potència dels eixos dels actuadors lineals X.

Per fer això, igual que en l'altre transmissió, s'utilitzarà un acoblament de l'empresa *Industrias Albert*.

Per aquest cas s'utilitzarà un acoblament més petit. La referència d'aquest serà la SR60, amb la condició especial que els forats dels eixos serà diferent, En un cantó s'haurà de fer un forat de diàmetre 22 mm amb tolerància H8 i amb xaveter segons norma per a aquest diàmetre. L'altre banda, el forat haurà de ser de diàmetre 18 mm, també amb tolerància H8 i xaveter segons norma. S'ha dibuixat un plànol per realitzar aquests mecanitzats, és el número OK170001-01-0021.

S'ha utilitzat aquest acoblament degut a que és el més petit que es pot utilitzar amb els diàmetres donats, i que a més, compleix amb les especificacions necessàries.

Aquest acoblament restringeix la mida de l'eix de sortida dels actuadors lineals, per tant, el disseny s'adaptarà a aquest.



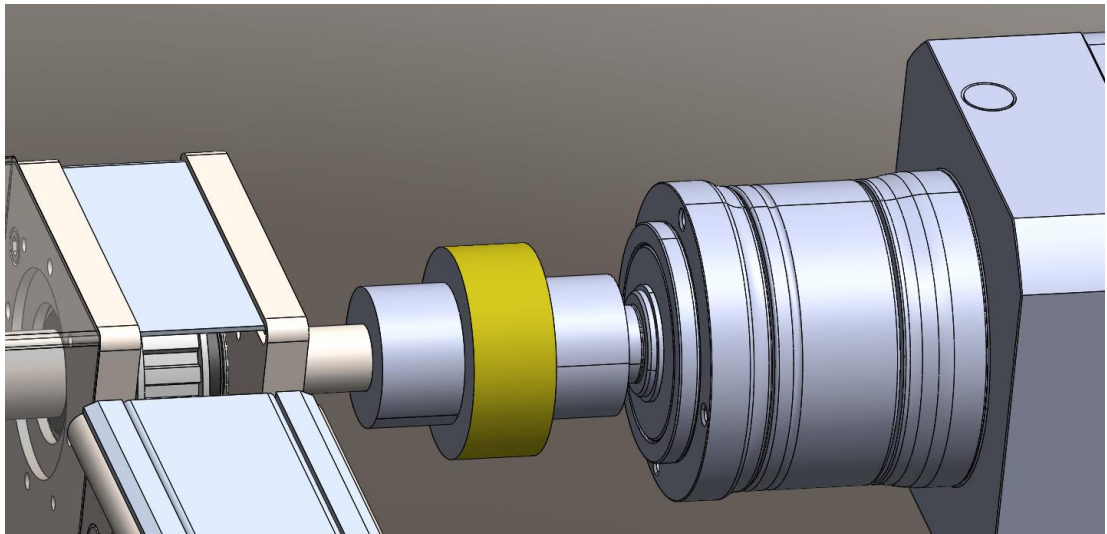
Il·lustració 71. Especificacions de l'acoblament SR60

4.9.2. Nous eixos dels actuadors lineals

Continuen havent-hi 4 eixos, un per cada actuator lineal, disposats de la mateixa manera. L'única variació que tindran serà degut al canvi de motoreductors de cargol sense fi a servomotors, com ja s'ha comentat. Per tant, el material dels eixos continuarà sent el mateix acer inoxidable AISI 304.

El servomotor transmetrà la potència necessària per fer moure els actuadors lineals i aquesta potència serà transmesa a l'eix de l'actuator a través dels acoblaments SR60 explicats en el punt anterior.

El muntatge per tant quedarà disposat de la següent manera:



Il·lustració 72. Muntatge de l'acoblament amb els eixos

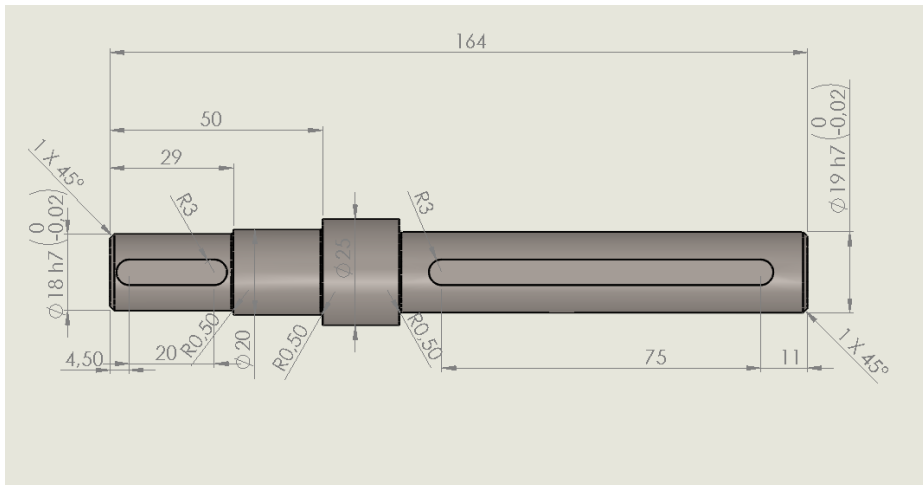
- *Eix en l'actuator lineal Z:*

L'actuator lineal de l'eix Z du un motor SGMGV-09D3A6E amb una caixa reductora PE2-090 1ST 19-P0411403404, per tant, s'ha dissenyat l'eix per adaptar-lo amb l'acoblament i amb aquest servomotor.

El servomotor va collat al capçal de l'actuator per mitjà d'un adaptador d'alumini, s'explica en l'apartat **4.9.3**. L'eix s'adapta també a la llargada de l'adaptador i al capçal on hi ha la politja transmissora del moviment del motor.

Per poder transmetre el moviment de l'acoblament a l'eix, i de l'eix a la politja de l'actuator lineal, es dissenyen dues ranures per a xavetes segons normativa estàndard S/DIN 6885/1.

Les mides de l'eix són les següents:



Il·lustració 73. Segon disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Z

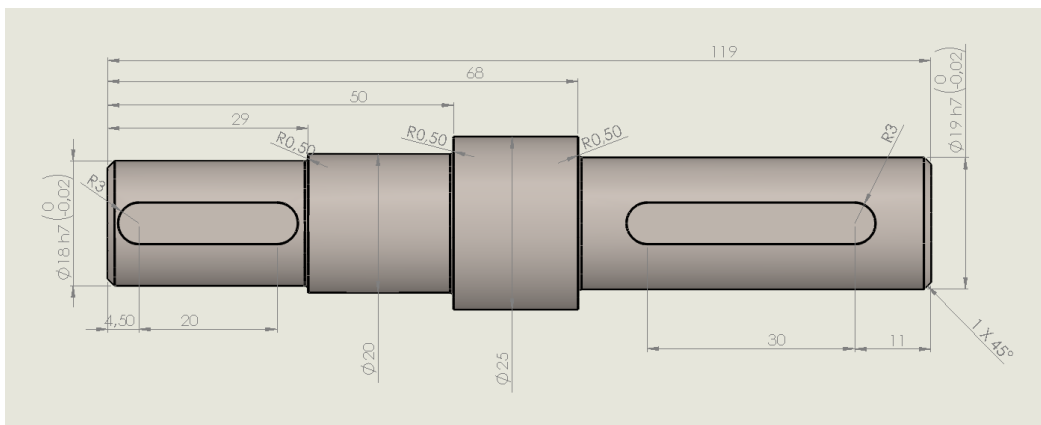
- *Eix en l'actuador lineal Y:*

L'actuador lineal de l'eix Z du un motor SGMGV-09D3A6E amb una caixa reductora PE2-090 1ST 19-P0411403404, per tant, s'ha dissenyat l'eix per adaptar-lo amb l'acoblament i amb aquest servomotor.

El servomotor va collat al capçal de l'actuador per mitjà d'un adaptador d'alumini, s'explica en l'apartat **4.9.3**. L'eix s'adapta també a la llargada de l'adaptador i al capçal on hi ha la politja transmissora del moviment del motor.

Per poder transmetre el moviment de l'acoblament a l'eix, i de l'eix a la politja de l'actuador lineal, es dissenyen dues ranures per a xavetes segons normativa estàndard S/DIN 6885/1.

Les mides de l'eix són les següents:



Il·lustració 74. Segon disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Y

- *Eixos en els actuadors lineals X:*

Com s'explica en el punt **4.2.6** el moviment en l'eix de les X, ve donat per dos actuadors amb un eix cada un, units per un acoblament SE75.

En aquest cas, el funcionament i muntatge torna a ser el mateix però afegint-hi un acoblament a l'eix X1 i canviant les dimensions d'aquest per adaptar-se a la nova transmissió del moviment donada pel servomotor.

El eix X2 continua sent exactament el mateix, ja que no es veu afectat pel servomotor.

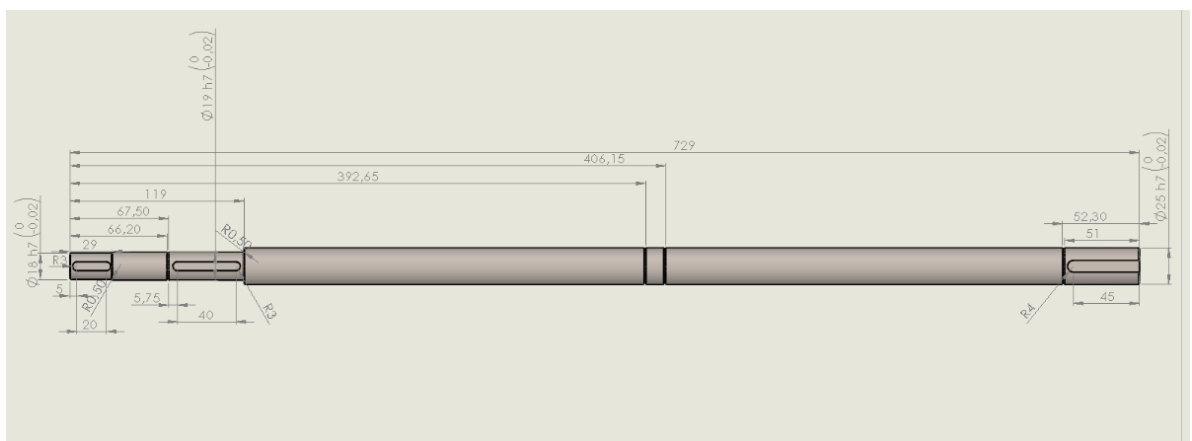
L'eix X1 s'ha dissenyat per adaptar-lo amb l'acoblament SR60 i amb el servomotor.

El servomotor va collat al capçal de l'actuador per mitjà d'un adaptador d'alumini, es comenta a l'apartat **4.9.3**. L'eix s'adapta també a la llargada de l'adaptador i al capçal on hi ha la politja transmissora del moviment del motor.

Per poder transmetre el moviment del servomotor al llarg de tot l'eix, es dissenyen tres ranures per a xavetes, una per transmetre el moviment de l'acoblament a l'eix, una per la transmissió a la politja i l'altre per la transmissió al segon acoblament, totes segons la normativa estàndard S/DIN 6885/1.

L'eix disposa de 4 ranures per anells elàstics segons la normativa estàndard DIN 471. Un per fixar l'eix a l'actuador lineal, el segon i el tercer són per fixar el rodament de suport i l'últim que mantindrà l'acoblament fixe i no permetrà que es descentri.

Les mides de l'eix són les següents:



Il·lustració 75. Segon disseny de l'eix motriu X1

4.9.3. Nous adaptadors

Al canviar el motor canvia la manera que s'ha de fixar aquest, per tant s'ha dissenyat un adaptador nou per collar el servomotor als actuadors lineals.

En aquest cas, com tant la forma, com els forats de tots els servomotors és la mateixa, s'ha dissenyat només un tipus d'adaptador per poder aconseguir fixar-los als respectius actuadors lineals.

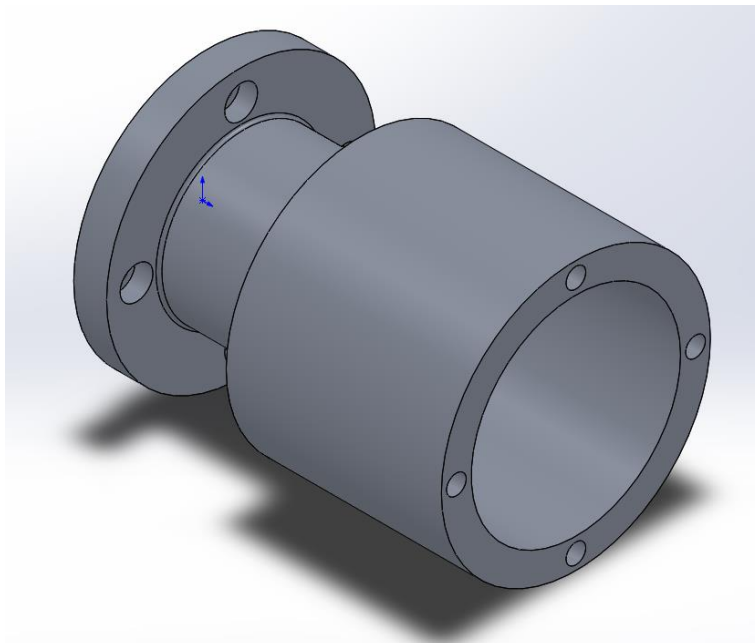
Per fer el disseny, s'ha tingut en compte la forma obtinguda al muntar l'acoblament unint els dos eixos.

Com es pot observar a la següent figura, la **Il·lustració 76**, s'ha deixat un diàmetre més petit a la part més propera de l'actuador lineal per poder tindre accés tant amb clau allen, que seran els cargols que uniran l'adaptador amb l'actuador lineal, com amb la clau anglesa, que seran els cargols que uniran l'adaptador amb el servomotor.

A l'interior de l'adaptador, se li ha donat el marge necessari perquè tant l'acoblament com l'eix puguin girar sense cap problema.

S'ha decidit arrodonir les entalles per donar més rigidesa a l'adaptador i que així sofreixi més per la càrrega causada pel pes del motor.

El material, tal i com eren els altres adaptadors, és alumini 5754.



Il·lustració 76. Adaptador per els servomotors

4.10. Dissenys final

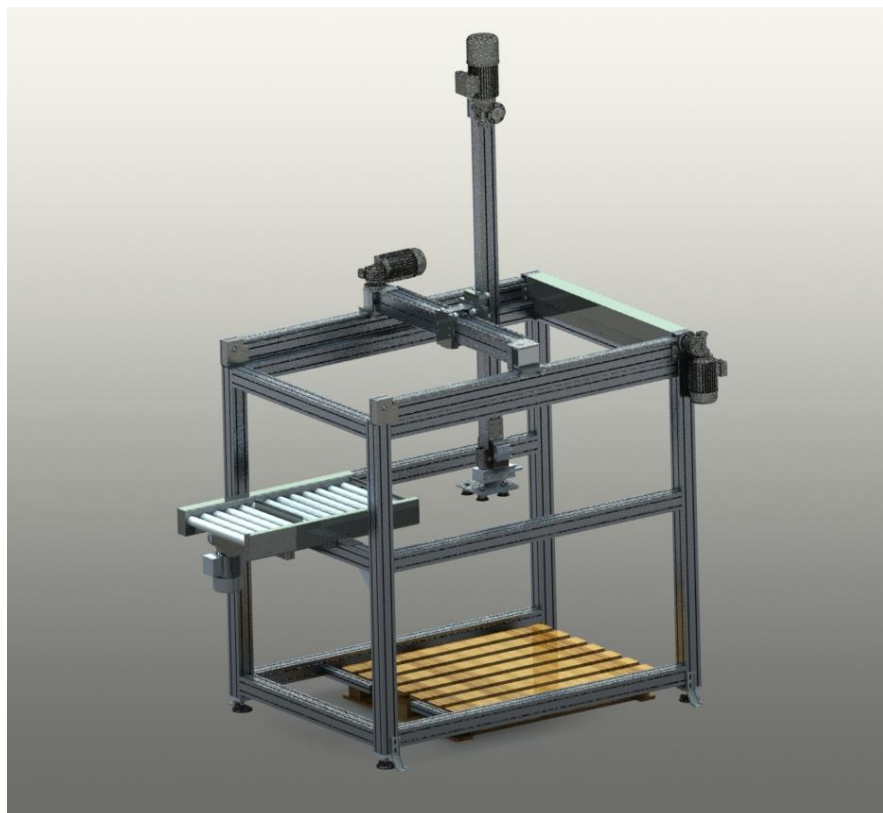
Després d'haver estudiat i solucionat els punts crítics que tenia el primer prototip de paletitzador, s'han dissenyat dos models diferents, tal i com s'ha anat explicant en el procediment dels dissenys.

L'única diferència entre els models són els motors que empren per accionar els actuadors lineals, els eixos els quals estan adaptats per cada cas, la fixació dels motors amb els capçals motrius i la manera de transmetre el moviment.

A aquests dissenys, faltarà assemblar-hi els armaris elèctrics que es descriuen en l'apartat **4.11** i el mallat de protecció per evitar que, quan estigui en funcionament el paletitzador, un operari pugui introduir el braç pels laterals de l'estructura i obstaculitzar els processos.

4.10.1. Model de paletitzador amb motoreductors

El primer model funciona amb tres motoreductors de cargol sense fi. La velocitat màxima que permeten aquests motors als actuadors lineals, d'acord amb la relació calculada a l'apartat dels annexos **A1.2.**, és de 0,67 m/s.



Il·lustració 77. Model de paletitzador amb motoreductors

4.10.2. Model de paletitzador amb servomotors

El segon model funciona amb tres servomotors subministrats i calculats per l'empresa *Yaskawa*. La velocitat màxima que permeten aquests motors als actuadors lineals, d'acord amb la informació subministrada pel proveïdor, és de pràcticament el màxim que admeten els actuadors lineals, 1 m/s.

Amb aquesta transmissió es pot aconseguir una cadència més elevada que en l'altre model, però amb l'inconvenient que són més cars d'adquirir. S'haurà de valorar posteriorment, quan es tinguin els pressupostos finals, quin dels dos models és més rentable per rendiment/preu.



Il·lustració 78. Model de paletitzador amb servomotors

4.11. Programació del paletitzador

Per programar el paletitzador, s'han preguntat a diverses empreses especialitzades en automatitzar aplicacions semblants.

Després d'haver contrastat les valoracions dels proveïdors interessats en programar els models de paletitzadors que s'han dissenyat, es decideix demanar pressuposts a l'empresa *PROFAN PROYECTOS Y AUTOMATIZACIÓN S.L.U.* degut a la seva gran experiència en l'automatització d'equips de paletitzat i manipuladors.

Es demana que *PROFAN* faci diverses valoracions econòmiques, una per el paletitzador amb motoreductors i l'altre pel model amb servomotors, ja que es vol saber el preu que tindrà cadascun d'ells.

Per programar el paletitzador cartesià s'han de tindre en compte quins són els components i les especificacions que es requereixen. Per tant se li passa una sol·licitud a *PROFAN* perquè valori quins són els materials i els treballs necessaris per automatitzar l'aplicació.

Dins de cada model, es tindrà l'opció d'escollir tres versions diferents depenent de les necessitats dels clients. Aquestes versions són:

- Opció de programar un únic format de caixa a paletitzar. Inclou un terminal d'operador de 9 polzades.
- Opció de programar fins a 20 formats de caixes. Inclou un terminal d'operador de 12 polzades.
- Opció de formats il·limitats. Inclou un PC industrial de 15 polzades.

4.11.1. Automatització del disseny amb motoreductors

Els components i les especificacions necessàries per automatitzar el model de paletitzador amb motoreductors són les següents:

- Moviments dels eixos X, Y i Z realitzats a través d'un variador de freqüència *Siemens* sense realimentació d'*encoder* al motor. Aquests variadors disposen de *Profinet* per la comunicació amb el PLC. Per cada eix hi ha instal·lat un *encoder* que detecta la posició absoluta un cop realitzat el *home* (posició zero) inicial, per tant, s'inclouran en l'oferta els variadors i els cables, però els motors i els *encoders* no.
- Els eixos X, Y i Z necessitaran un detector de *Home* en un extrem i un altre de límit a l'extrem oposat.
- El capçal està format per actuator de gir pneumàtic de 0º a 90º i ventoses de succió al buit per recollir el producte. En els dos casos s'ha de considerar la instal·lació de electrovàlvules biestables i detectors de posició.
- S'ha d'incloure un detector d'anticol·lisió al capçal per detectar una col·lisió de les ventoses contra alguna part de la màquina o contra el producte.
- En el transportador de rodets per la recollida del producte s'haurà d'instal·lar una fotocèl·lula al final de la cinta per notificar la presència de producte.

- Entre els rodets hi ha una xapa que impedeix l'entrada de més d'un producte al final del transportador. Aquest actuador tindrà una electrovàlvula biestable i detectors de posició.
- S'ha d'incloure una fotocèl·lula per detectar la presència i el correcte posicionament del palet.
- Quan s'hagi canviat el palet ple per un de buit es confirmarà l'acció amb u polsador.
- Es proposa una botonera amb 10 polsadors per ajudar a realitzar els posicionaments manuals en cas de col·lisió o ajuda a la creació dels formats. Els moviments a realitzar són desplaçaments dels eixos X, Y, Z, gir i activar/desactivar succió de les ventoses. La botonera s'instal·laria només en el cas de voler l'opció d'un format o de 20.
- El control es realitzarà amb PLC *Siemens maestro Profinet*, per on s'enviaran les posicions als variadors.

L'abast de la instal·lació es divideix en tres parts, l'armari de control, la instal·lació elèctrica i els costos d'enginyeria.

- *Armari de control:*
 - Es dividirà la instal·lació en dos armaris de xapa pintada amb unes mides aproximades de 900x800x300.
 - Seccionador i protecció general.
 - Tres proteccions per variadors de freqüència.
 - Tres variadors de freqüència *Siemens G120 Profinet*, amb mòdul de posicionament.
 - Dos proteccions i contactor per al transportador de rodets.
 - Protecció de maniobra i presa de corrent de 230V.
 - Font d'alimentació.
 - Ventilació de l'armari.
 - Mòdul de seguretat d'emergència amb doble contactor de potència, botó d'emergència en la porta i rearmament.
 - PLC Siemens ET-200-SP amb 40 entrades digitals i 24 sortides digitals.
 - Entrada per d'*Ethernet*.
 - Panell d'operador o PC.
 - Balisa lluminosa d'alarmes, automàtic, manual i canvi de palet.
 - Avisador acústic.
 - Polsador d'arrancada i parada del sistema.
 - Relés de maniobra.
 - Cablejat i accessoris.
 - Muntatge elèctric.
 - Esquemes elèctrics, exportables a PDF o *Autocad*.

- *Instal·lació elèctrica:*
 - Mànegues elèctriques pels motors, variadors, sensors i electrovàlvules.
 - Caixa de connexió.
 - Botonera amb comandament manual de 10 pulsadors i botó d'emergència.
 - Detectores inductius de posició, fotocèl·lules, pressòstat d'aire i electrovàlvules.
 - Suportació de tipus cadena de cables
 - Muntatge elèctric i pneumàtic a fàbrica.

- *Instal·lació elèctrica:*
 - Programació de PLC i de panell operador o PC.
 - Posta en marxa a fàbrica.

La cadència màxima de paletitzat d'aquest model serà de 7 caixes per minut.

4.11.2. Automatització del disseny amb servomotors

Els components i les especificacions necessàries per automatitzar el model de paletitzador amb servomotors són les següents:

- Moviments dels eixos X, Y i Z realitzats a través de servomotors amb control de l'empresa *Yaskawa*. Aquests servomotors disposen de connexió a *Profinet* per la comunicació amb el PLC. No s'inclouran en l'oferta servomotors, controladors dels servos, targetes de comunicació ni els cables.
- Els eixos X, Y i Z necessitaran un detector de *Home* en un extrem i un altre de límit a l'extrem oposat.
- El capçal està format per actuator de gir pneumàtic de 0º a 90º i ventoses de succió al buit per recollir el producte. En els dos casos s'ha de considerar la instal·lació de electrovàlvules biestables i detectors de posició.
- S'ha d'incloure un detector d'anticol·lisió al capçal per detectar una col·lisió de les ventoses contra alguna part de la màquina o contra el producte.
- En el transportador de rodets per la recollida del producte s'haurà d'instal·lar una fotocèl·lula al final de la cinta per notificar la presència de producte.
- Entre els rodets hi ha una xapa que impedeix l'entrada de més d'un producte al final del transportador. Aquest actuator tindrà una electrovàlvula biestable i detectors de posició.
- S'ha d'incloure una fotocèl·lula per detectar la presència i el correcte posicionament del palet.
- Quan s'hagi canviat el palet ple per un de buit es confirmarà l'acció amb u pulsador.

- Es proposa una botonera amb 10 pulsadors per ajudar a realitzar els posicionaments manuals en cas de col·lisió o ajuda a la creació dels formats. Els moviments a realitzar són desplaçaments dels eixos X, Y, Z, gir i activar/desactivar succió de les ventoses. La botonera s'instal·laria només en el cas de voler l'opció d'un format o de 20.
- El control es realitzarà amb PLC *Siemens maestro Profinet*, per on s'enviaran les posicions als servomotors.

L'abast de la instal·lació es divideix en tres parts, l'armari de control, la instal·lació elèctrica i els costos d'enginyeria.

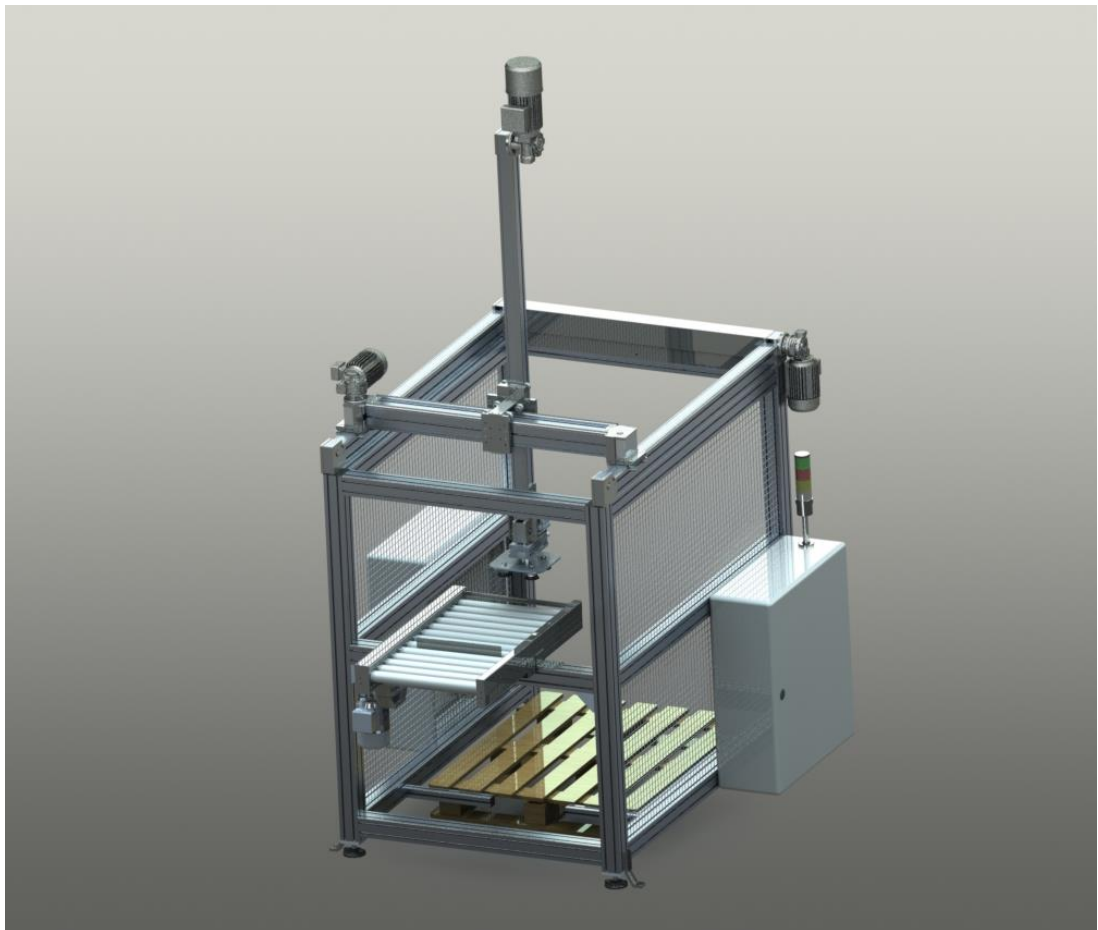
- *Armari de control:*
 - Es dividirà la instal·lació en dos armaris de xapa pintada amb unes mides aproximades de 900x800x300.
 - Seccionador i protecció general.
 - Tres proteccions pels servomotors.
 - Dos proteccions i contactor per al transportador de rodets.
 - Protecció de maniobra i presa de corrent de 230V.
 - Font d'alimentació.
 - Ventilació de l'armari.
 - Mòdul de seguretat d'emergència amb doble contactor de potència, botó d'emergència en la porta i rearmament.
 - PLC Siemens ET-200-SP amb 40 entrades digitals i 24 sortides digitals.
 - Entrada per d'*Ethernet*.
 - Panell d'operador o PC.
 - Balisa lluminosa d'alarmes, automàtic, manual i canvi de palet.
 - Avisador acústic.
 - Pulsador d'arrancada i parada del sistema.
 - Relés de maniobra.
 - Cablejat i accessoris.
 - Muntatge elèctric.
 - Esquemes elèctrics, exportables a PDF o *Autocad*.
- *Instal·lació elèctrica:*
 - Mànegues elèctriques pel motor de la cinta, sensors i electrovàlvules.
 - Caixa de connexió.
 - Botonera amb comandament manual de 10 pulsadors i botó d'emergència.
 - Detectores inductius de posició, fotocèl·lules, pressòstat d'aire i electrovàlvules.
 - Suportació de tipus cadena de cables

- Muntatge elèctric i pneumàtic a fàbrica.
- *Instal·lació elèctrica:*
 - Programació de PLC i de panell operador o PC.
 - Posta en marxa a fàbrica.

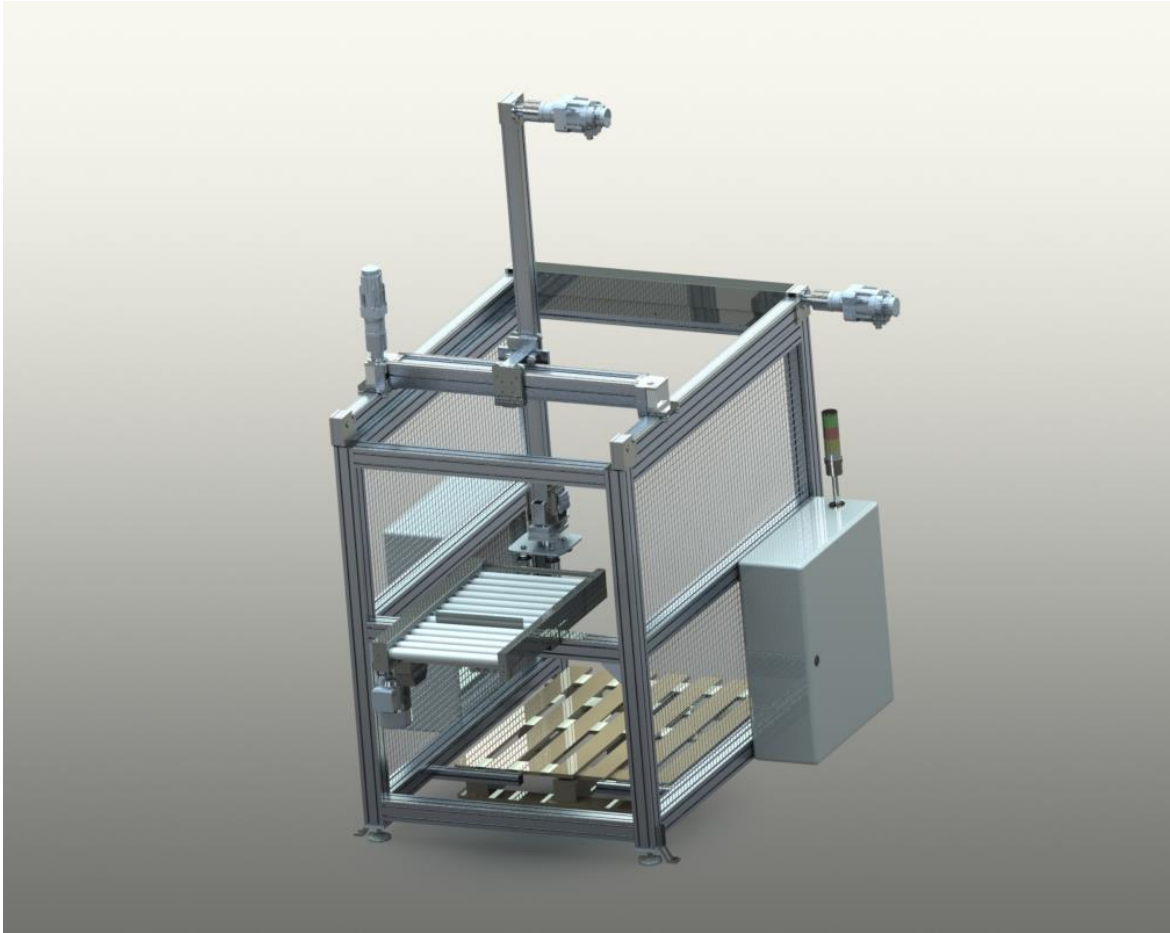
La cadència màxima de paletitzat d'aquest model serà de 12 caixes per minut.

4.12. Decisió final

Un cop conegudes les mides necessàries que hauran de tenir els armaris elèctrics, es finalitza el disseny en 3D dels dos models en el programa *Solidworks*, per veure el resultat final, a falta només del cablejat i de les cadenes guarda-cables.



Il·lustració 79. Model de paletitzador amb motoreductors final



Il·lustració 80. Model de paletitzador amb servomotors final

Un cop finalitzat l'estudi del disseny de tots els elements del paletitzador, es poden extreure les següents conclusions:

- El model de paletitzador amb motoreductors té una cadència de paletitzat inferior que el model amb servomotors, essent la diferència de 5 caixes per minut.
- El preu dels servomotors és gairebé 5,5 vegades més elevat que el dels motoreductors. A més, el cost dels materials externs per fixar-los també és major, degut a que els adaptadors dels servomotors són més grans, requereixen de més operacions per mecanitzar-los, i que s'han d'afegir acoblaments a la transmissió de la potència tot.
- El model amb motoreductors incorpora un sistema de detecció magnètica de la posició, que fa augmentar el preu d'aquest, però, la diferència total de preu entre els dos models, pel que fa al material extern, és de més de 3.000 euros.
- El cost per programar cada model és diferent. Degut a la dificultat d'aconseguir que els tres motoreductors de cargol sense fi funcionin coordinats, apuja significativament el cost d'aquest

model, fent més assequible programar el model amb servomotors, ja que, al dur l'*encoder* incorporat en el mateix servomotor, facilita la importació de les dades al PLC.

S'ha realitzat un pressupost conjunt on es pot valorar explícitament, el cost de les diferents parts que conformen cada model i el cost real conjunt, que suposaria fabricar cadascun d'ells. En aquest pressupost, s'escull la versió de programació amb formats il·limitats que inclou un PC industrial per aconseguir poder guardar tants formats de caixes com es necessitin, tant pel model amb motoreductors, com pel de servomotors.

Finalment, es decidirà construir el model de paletitzador amb servomotors ja que la diferència de preu entre aquest i el model amb motoreductors és de més de 1.000 euros inferior. A més, la cadència de paletitzat és més elevada, per tant, aquest paletitzador és superior en tots els aspectes.

Anàlisi de l'impacte ambiental

L'aspecte més important a analitzar relacionat amb l'impacte ambiental que pot causar la fabricació d'aquest projecte és el tema de l'alumini.

Inicialment, els perfils que es compren al proveïdor són d'una llargària de 6,04 m. D'aquestes barres se'n tallen les mides necessàries per construir l'estructura del paletitzador intentant aprofitar al màxim la llargada del perfil, per obtindre la mínima minva possible. Tot i així, sempre acaba sobrant ferralla, produïda al tallar els perfils amb la serra, i retalls que no es poden aprofitar, ja sigui perquè estan ratllats o degut a que el sobrant és tant curt que no es pot fer servir.

Per tant, és important ser conscients que l'alumini és un material 100% reciclable sense pèrdua de qualitat. Degut a aquest factor, l'alumini s'ha guanyat la reputació de metall verd. La seva notable resistència i característiques de baix manteniment el converteixen en el material de construcció definitiu d'una indústria que està en constant recerca d'alternatives més resistents, lleugeres, duradores i ecològiques.

L'alumini no allibera toxines durant el seu processament o durant el seu ús i no es corroeix, fet que el converteix en un material segur per als éssers humans. També és molt lleuger, i gràcies a això es requereix molta menys energia per al seu transport, reduint així els nivells d'emissions de CO₂. Però el valor d'aquest metall no acaba aquí: més del 75% de tot l'alumini produït en la seva curta història de poc més de 100 anys, encara està en ús avui en dia. Això estableix un fons d'alumini virtual que contínuament es reutilitza de les seves pròpies aplicacions.

Des de que la Revolució Industrial del segle XIX va expandir la utilització de l'alumini, aquest metall ha anat ocupant cada vegada més llocs en la nostra vida diària i, avui dia, és pràcticament impensable viure sense aquest material que està present sobretot en la indústria del transport, la construcció i l'alimentació.

L'alumini és un metall lleuger extret de la bauxita, el tercer element més comú de l'escorça terrestre, del qual s'estima que hi ha reserves per a 200 anys. Les seves característiques més apreciades són:

- Excel·lent conductor de la calor i de l'electricitat, així com un bon reflector de la llum.
- Material fàcilment mal·leable.
- Impermeabilitat malgrat el seu poc gruix, en casos com el del paper d'alumini, que no permet que les substàncies envasades perdin l'aroma ni el sabor.
- Baix pes, que en relació a la seva resistència, el converteixen en un material excepcional com a barrera de protecció o aïllament.

El cicle de vida de l'alumini comença amb l'extracció de bauxita, de la qual, posteriorment s'extreu l'alúmina, la matèria prima per a la producció de l'alumini primari, que es realitza mitjançant l'electròlisi.

La següent etapa és la semi-fabricació, la qual cosa comporta diferents processos industrials (laminat, fosa i extrusió), i d'aquí es transforma en productes manufacturats. Posteriorment, l'alumini es recull, es recicla i es reutilitza a partir de l'etapa de la semi-fabricació.

Reciclar una tona d'alumini estalvia al voltant de 4 tones de bauxita, la seva matèria primera principal, i el 95% de l'energia necessària per a produir alumini primari. Això, al seu torn, estalvia 9 tones d'emissions de CO₂. El reciclatge de ferralla d'alumini en l'actualitat estalvia al voltant de 80 milions de tones d'emissions de gasos d'efecte hivernacle cada any. Això és equivalent a l'eliminació de 15 milions d'automòbils de les carreteres del món.

Les refineries d'alumini són l'última part de la cadena de reciclatge d'aquest material. Normalment les seves compres excedeixen les 10 tones, pel que els seus subministradors són sempre recuperadors majoristes. Quan s'ha arribat a un acord de compra amb ells, es realitzen anàlisis generals de la matèria prima per a verificar les seves característiques. A més, quan el material entra a la refineria, també s'analitzen mostres de cada camió per evitar introduir al forn substàncies no indicades per al procés de producció de la refineria.

En aquestes instal·lacions si per exemple, fonen llaunes d'alumini o qualsevol altre ferralla amb revestiment, es produeix la combustió d'aquests, sent captats els productes emesos de la combustió per mitjà d'uns filtres especials pels quals passen els fums, i així, evitar la contaminació atmosfèrica. Per fondre aquest tipus de material es necessiten forns especials proveïts d'instal·lacions de filtratge, que normalment són més costoses que el propi forn. El producte final de les refineries són els lingots d'alumini, de mesures i aliatge segons la demanda del client.

Conclusions

Objectius assolits

Per començar, s'ha realitzat el disseny de dos models de paletitzadors cartesianes amb èxit. No obstant, aquesta no és la única conclusió resultant de tot el treball i tot l'esforç que engloba aquest projecte.

El principal objectiu d'aquest projecte era dissenyar un paletitzador cartesià que pogués ser comercialitzat a un preu competitiu, complint a l'hora certs aspectes per poder diferenciar-lo dels demés del mercat.

Es pot concloure que aquests aspectes s'han assolit amb èxit, ja que s'han complert tots de la següent manera:

- Per adquirir el paletitzador escollit a fabricar, no s'ha de fer una inversió massa elevada. Amb un preu de 56.188,34 euros, en menys de 3 anys, la inversió ja estaria amortitzada (al poder prescindir d'un operari que, cobrant uns 20.000 euros anuals, realitzi la mateixa feina). Per tant, el cost del paletitzador és relativament baix.
- El paletitzador dissenyat és completament compacte, ja que tots els elements estan units a la mateixa estructura. Els perfils d'alumini horitzontals inferiors de l'estructura, estan disposats amb l'espai necessari per poder introduir-hi una traspaleta per sota, i així, elevar el paletitzador per poder transportar-lo d'un lloc a un altre sense gaires esforços.
- L'espai que ocupa el paletitzador, és el mínim necessari perquè pugui realitzar correctament la seva funció. Amb unes mides de 2,5 metres de llargada aproximadament (incloent la cinta transportadora de rodets) i 1,94 metres d'amplada (contant amb l'amplada dels armaris elèctrics), es converteix en un paletitzador cartesià de mides especialment reduïdes.
- Gràcies a l'amplada de la cinta transportadora de rodets, fa possible l'entrada de caixes de fins a 500 mm. El sistema de buit integrat en el paletitzador, permet l'actuació de només una ventosa, dues, tres, o les quatre a la vegada, depenent de la mida de la caixa que s'hagi de paletitzar. A més, amb la programació de formats il·limitats, es poden emmagatzemar tants formats de caixes com sigui necessari.

Valoració personal

A nivell personal, es pot realitzar un anàlisi, de la realització del projecte i l'experiència viscuda. Tal i com es preveia en un inici, ha estat un projecte complicat, de molt contacte amb els proveïdors (degut a la gran quantitat d'elements que formen el paletitzador) i amb força entrebancs.

Tot i així, la realització del treball ha estat amena, tot i la càrrega de feina. La realització dels dos models de paletitzadors i el seguiment complert del projecte ha estat una experiència nova, que ha suposat un repte, però amb la qual he adquirit nous coneixements i he pogut consolidar l'aplicació de les competències adquirides al llarg del Grau d'Enginyeria Mecànica realitzat a la UPC.

Finalment, penso que escollir una temàtica que t'agradi és essencial per desenvolupar un projecte com és el Treball Final de Grau, ja que el camí fins a completar el projecte té moments complicats i requereix de molta dedicació i sacrifici. El fet de treballar en un tema del meu grat m'ha despertat interès i il·lusió durant els moments més complicats del desenvolupament d'aquest projecte.

Bibliografia

1. SMC. Ventosas de vacío para manipulación de material de gran peso. A: [en línia]. [Consulta: 9 març 2018]. Disponible a: https://content2.smcetech.com/pdf/ZPT_ZPX_H_ES.pdf.
2. SMC. Unidad de vacío. A: [en línia]. [Consulta: 9 març 2018]. Disponible a: https://content2.smcetech.com/pdf/ZK2-C_ES.pdf.
3. Soluciones SMC para manipulación por vacío. A: [en línia]. [Consulta: 9 març 2018]. Disponible a: https://www.smc.eu/portal_ssl/webpages/00_local/es/cat_sharepoint/CAT_VACIO_INDUSTRIAL_SM_C.pdf.
4. Ashby, M.F. Materials Selection in Mechanical Design. A: [en línia]. Pergamon Press, 1992, [Consulta: 13 gener 2018]. Disponible a: <http://jpkc.fudan.edu.cn/picture/article/255/1c/8c/8a256ed84a98beafbd225ea6936e/43f6d2e4-9479-4872-9970-f70754fce954.pdf>.
5. SMC. Actuadores Rotativos. A: *Actuadores Rotativos* [Consulta: 10 febrer 2018].
6. Tornillo sin fin: ¿qué es y cuáles son sus características? - Blog. A: [en línia]. 2017. [Consulta: 19 gener 2018]. Disponible a: <https://blog.bextok.com/tornillo-sin-fin-que-es-caracteristicas-principales/>.
7. Tornillo sin fin - EcuRed. A: [en línia]. [Consulta: 19 gener 2018]. Disponible a: https://www.ecured.cu/Tornillo_sin_fin.
8. GlobalLean. Lean y su Top 25: POKA-YOKE. Sistemas a prueba de errores. | Global Lean. A: *10 d'octubre* [en línia]. 2013. [Consulta: 5 abril 2018]. Disponible a: <http://www.globallean.net/noticias/lean-y-su-top-25-poka-yoke-sistemas-a-prueba-de-errores/2015/>.
9. Ingeniería Mecafenix. Servomotor ¿Que es y como funciona? - Ingeniería mecafenix. A: *18 d'abril* [en línia]. 2017. [Consulta: 4 febrer 2018]. Disponible a: <http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/servomotor/>.
10. CLR. ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza? – Blog CLR. A: *5 de febrer* [en línia]. 2017. [Consulta: 4 febrer 2018]. Disponible a: <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>.
11. servomotores. A: [en línia]. [Consulta: 4 febrer 2018]. Disponible a: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html>.
12. García Gonzalez, A. ¿Qué es y cómo funciona un servomotor? | Panama Hitek. A: *2 de desembre* [en línia]. 2016. [Consulta: 4 febrer 2018]. Disponible a: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>.
13. Schmalz. Técnica de vacío para procesos eficientes - Schmalz. A: [en línia]. [Consulta: 9 març 2018]. Disponible a: <https://www.schmalz.com/es/>.
14. De Màquines y Herramientas. Qué es un encoder - Tipos | De Máquinas y Herramientas. A: *10 de*

maig [en línia]. 2017. [Consulta: 20 gener 2018]. Disponible a: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/encoder-tipos>.

15. Ingeniería Mecafenix. Encoder ¿como funciona? y sus tipos - Ingeniería mecafenix. A: *28 d'abril* [en línia]. 2017. [Consulta: 20 gener 2018]. Disponible a: <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/encoder/>.

16. Encoder Products Company. ¿Qué es un Encoder? > Encoder Products. A: *16 de juny* [en línia]. 2016. [Consulta: 20 gener 2018]. Disponible a: <http://encoder.com/blog/encoder-basics/que-es-un-encoder/>.

17. Contraelcanon. El paletizado y los paletizadores industriales automáticos. A: *1 d'abril* [en línia]. 2015. [Consulta: 16 desembre 2017]. Disponible a: <http://www.todoscontraelcanon.es/el-paletizado-y-los-paletizadores-industriales-automaticos/>.

18. Dargis, P. Elegir entre paletizado robotizado y convencional: Lo que debe saber | Premier Tech Chronos. A: *9 d'agost* [en línia]. 2016. [Consulta: 16 desembre 2017]. Disponible a: <https://www.ptchronos.com/es-cu/blog/paletizador-robotizado-en-comparacion-con-el-paletizador-convencional/>.

19. MHI. Robotic Palletizing. A: [en línia]. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <http://www.mhi.org/solutions-community/solutions-guide/robotics>.

20. Cartesian Palletizer. A: [en línia]. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <http://www.palletizer.org/cartesian-palletizer/cartesian-palletizer.html>.

21. Bastian Solutions. Robotic Palletizing Vs. Conventional Palletizing | The Material Handling Blog. A: [en línia]. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <https://www.bastiansolutions.com/blog/index.php/2011/01/26/robotic-palletizing-vs-conventional-automated-palletizing/>.

22. IMC Expendable Packaging Standards Manual (APAC & EU region). A: [en línia]. 2017, [Consulta: 16 desembre 2017]. Disponible a: http://b2b.chrobinson.com/sites/faraday/Shared Documents/FF IMC Expendable Standards_6.15.17.pdf.

23. Recomendaciones logísticas para el diseño e ingeniería de envases y embalajes. A: [en línia]. [Consulta: 16 desembre 2017]. Disponible a: https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_documentacion/estudio_de_recomendaciones_logisticas_2016.pdf.

24. Cajadecarton.es. ¿Qué es paletizar y cuáles son sus características? - Blog de Cajadecarton.es. A: *Septembre* [en línia]. 2017. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <http://blog.cajadecarton.es/que-es-paletizar-cuales-son-sus-caracteristicas/>.

25. Transgesa. Tipos y tamaños de palets | Transgesa. A: *28 de juny* [en línia]. 2016. [Consulta: 16 desembre 2017]. Disponible a: <https://www.transgesa.com/blog/tipos-de-palets/>.

26. Salazar López, B. Logística - Ingeniería Industrial. A: [en línia]. 2016. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/logística/>.

27. Origen del palet o palé: nacimiento e historia – El Blog de OnTruck. A: [en línia]. [Consulta: 9 desembre 2017]. Disponible a: <https://ontruck.com/es/blog/2016/11/14/origen-del-palet-o-pale-nacimiento-e-historia/>.
28. Salazar Lopez, B. Paletización - Ingeniería Industrial. A: [en línia]. 2016. [Consulta: 9 desembre 2017]. Disponible a: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/logística/paletización/>.
29. Transeop. ¿Que es la paletización y porque es tan importante para la logística? A: [en línia]. 2017. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <https://www.transeop.com/blog/la-paletización-y-la-logística/14/>.
30. Abc Pack. La Historia del Palet - Abc Pack. A: [en línia]. [Consulta: 17 desembre 2017]. Disponible a: <http://www.abc-pack.com/enciclopedia/la-historia-del-palet/>.
31. Los robots de paletizado alcanzarán los 1.500 M\$ en 2022 - infoPLC. A: 29 de novembre [en línia]. 2017. [Consulta: 16 desembre 2017]. Disponible a: <http://www.infopl.net/plus-plus/mercado/item/104938-robots-paletizado-1500m-2022>.
32. Ventacan. El reciclado del aluminio, conciencia y necesidad | Ventacan, una ventana abierta. A: 1 Agost [en línia]. 2012. [Consulta: 26 abril 2018]. Disponible a: <http://www.ventacan.com/blog/el-reciclado-del-aluminio-conciencia-y-necesidad/>.
33. Reynaers Aluminium. El ciclo de vida del aluminio - Reciclaje y gestión de residuos. A: 3 Febrer [en línia]. 2011. [Consulta: 26 abril 2018]. Disponible a: <https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/47930-El-ciclo-de-vida-del-aluminio.html>.
34. Arpal ALU. El ciclo del reciclaje del aluminio | Aluminio.org. A: [en línia]. [Consulta: 26 abril 2018]. Disponible a: <http://aluminio.org/?p=826>.

Índex d'imatges

Il·lustració 1. Palet paletitzat	3
Il·lustració 2. Palet europeu i palet americà	6
Il·lustració 3. Palet de dues entrades	7
Il·lustració 4. Palet amb aletes	8
Il·lustració 5. Palet de metall i palet de plàstic	9
Il·lustració 6. Exemple de configuració de modulació d'un palet universal	12
Il·lustració 7. Mètodes d'equilibri i estabilitat en palets	13
Il·lustració 8. Exemple de mosaic amb buits generats per les mides de les caixes	14
Il·lustració 9. Palet envoltat en film alimentari	15
Il·lustració 10. Paletitzador cartesià de baix nivell	18
Il·lustració 11. Paletitzador robotitzat	20
Il·lustració 12. Transpalet	22
Il·lustració 13. Estructura de perfil d'alumini i palet americà	23
Il·lustració 14. Dades del perfil 90x90 mm (Font: Catàleg d'Alusic)	24
Il·lustració 15. Dades del perfil 45x45 mm (Font: Catàleg d'Alusic)	24
Il·lustració 16. Platina d'Alusic 90x90 referència 084.405.002	25
Il·lustració 17. Actuadors lineals d'Alusic 800.010 i 800.020 respectivament	26
Il·lustració 18. Capçal tensor referència 800.040.202	27
Il·lustració 19. Platina d'unió entre el patí i la corretja dentada	28
Il·lustració 20. Platina d'unió entre el patí i el capçal	32
Il·lustració 21. Platina d'unió entre el dos patins	33
Il·lustració 22. Platina d'unió entre actuadors Y i Z	33
Il·lustració 23. Reductor de cargol sense fi	34

Il·lustració 24. Propietats motoreductor M050	35
Il·lustració 25. Motoreductor M050FC01C0-RV5-	36
Il·lustració 26. Propietats motoreductor M045 eix Y	36
Il·lustració 27. Motoreductor M045FC01C0-QB3-	37
Il·lustració 28. Propietats motoreductor M045 eix X	37
Il·lustració 29. Motoreductor M045FC01C0-QV6-	38
Il·lustració 30. Sensor magnètic de mesura lineal MSA-M10528V-S7-M08	40
Il·lustració 31. Especificacions tècniques del sensor MSA-M10528V-S7-M08	41
Il·lustració 32. Especificacions tècniques de les senyals de sortida i del connexionat	41
Il·lustració 33. Especificacions tècniques de la banda CSM-A	42
Il·lustració 34. Disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Z	43
Il·lustració 35. Disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Y	44
Il·lustració 36. Especificacions de l'acoblament SE75	44
Il·lustració 37. Disseny del primer l'eix de l'actuador lineal X	45
Il·lustració 38. Disseny del segon l'eix de l'actuador lineal X	46
Il·lustració 39. Adaptador per motoredutores de mida 45	47
Il·lustració 40. Adaptador per motoreductor de mida 50	47
Il·lustració 41. Dibuix 3D de la primera proposta de disseny	48
Il·lustració 42. Construcció de la primera proposta de disseny	49
Il·lustració 43. Escaire de fixació a terra amb referència 084.409.001	51
Il·lustració 44. Nou disseny de l'eix X1	52
Il·lustració 45. Nou disseny de l'eix X2	52
Il·lustració 46. Muntatge dels suports dels eixos	53
Il·lustració 47. Protector dels eixos dels actuadors en X	54

Il·lustració 48. Posició correcta del palet	56
Il·lustració 49. Actuador rotatiu pinyó-cremallera simple	57
Il·lustració 50. Actuador rotatiu pinyó-cremallera de doble cremallera	58
Il·lustració 51. Funcionalitat de l'actuador rotatiu de doble cremallera	59
Il·lustració 52. Actuador rotatiu de paleta	60
Il·lustració 53. Parell que pot oferir una mateixa paleta depenent del posicionament	60
Il·lustració 54. Actuador rotatiu MSQB100R	62
Il·lustració 55. Placa d'unió entre l'actuador de gir i el sistema de subjecció	63
Il·lustració 56. Placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador lineal Z	64
Il·lustració 57. Principi de funcionament d'un ejector d'una etapa	66
Il·lustració 58. Mòdul ejector, ejector bàsic i ejector compacte	68
Il·lustració 59. Principi de funcionament d'una bomba de buit	68
Il·lustració 60. Bomba de funcionament en sec, bomba lubricada i bomba d'anell líquid	70
Il·lustració 61. Principi de funcionament del bufador de buit	70
Il·lustració 62. Bufadors de buit simples i bufador de buit amb inversió	71
Il·lustració 63. Ventoses planes i de manxa	73
Il·lustració 64. Vacuòstat	74
Il·lustració 65. Ejector i ventosa seleccionats	76
Il·lustració 66. Cinta transportadora de rodets	78
Il·lustració 67. Parts del servomotor	79
Il·lustració 68. Diagrama de blocs del servomotor	81
Il·lustració 69. Exemples de trens de polsos en l'eix d'un servomotor	82
Il·lustració 70. Servomotors <i>Yaskawa</i> pels eixos X, Z (esquerra) i Y (dreta)	83
Il·lustració 71. Especificacions de l'acoblament SR60	84

Il·lustració 72. Muntatge de l'acoblament amb els eixos _____	85
Il·lustració 73. Segon disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Z _____	86
Il·lustració 74. Segon disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Y _____	86
Il·lustració 75. Segon disseny de l'eix motriu X1 _____	87
Il·lustració 76. Adaptador per els servomotors _____	88
Il·lustració 77. Model de paletitzador amb motoreductors _____	89
Il·lustració 78. Model de paletitzador amb servomotors _____	90
Il·lustració 79. Model de paletitzador amb motoreductors final _____	95
Il·lustració 80. Model de paletitzador amb servomotors final _____	96

Índex de taules

Taula 1. Components dels actuadors lineals escollits d' <i>Alusic</i>	27
Taula 2. Dades de l'actuador lineal 800.010 segons catàleg	29
Taula 3. Dades de l'actuador lineal 800.010 segons catàleg	30

Índex de gràfics

Gràfic 1. Gràfic Càrrega VS Distància de l'actuador lineal 800.010 _____ 29

Gràfic 2. Càrrega/Distància de l'actuador lineal 800.010 _____ 31

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ



Pressupost

Autor: Àlex Paez Garcia

Director: Miguel Angel Brigos Hermida

Convocatòria: Maig 2018

Índex

PRESSUPOST	1
P1. Costos del paletitzador amb motoreductors	1
P2. Costos del paletitzador amb servomotors	6
P3. Pressupostos finals	9
ÍNDEX DE TAULES	10



Pressupost

En aquesta part del treball, s'especifiquen els costos associats a la fabricació del paletitzador, incloent totes les parts descrites al llarg de l'estudi que s'han dut a terme.

Es realitzarà un pressupost per a cada model de paletitzador; el de servomotors i el de motoreductors.

Dins de cada pressupost, els costos s'han desglossats en els següents grups:

- Material intern.
- Material extern.
- Programació.
- Mà d'obra.

P1. Costos del paletitzador amb motoreductors

- *Material intern:*

Aquest apartat, engloba el material que subministra *Alusic*, que és el proveïdor d'OPERBER, i els elements bàsics de ferreteria que formen l'estructura. Amb això, la següent taula especifica els costos dels materials.

REFERÈNCIA	DESCRIPCIÓ	UNITATS	PREU (€)	IMPORT (€)
084.101.023	Metre Perfil 90x90 R8	25,00	39,83	995,75
084.101.019	Metre Perfil 45x90 R8	7,00	21,27	148,89
084.101.014	Metre Perfil 45x45 R8	3,50	10,75	37,63
800.040.301	Capçal Motriu Per Guia Lineal 90x90	1,00	168,52	168,52
800.040.302	Capçal Reenviament Per Guia Lineal 90x90	1,00	146,06	146,06

800.040.303	Carro Per Guia Lineal 90x90	2,00	157,29		314,58
800.040.201	Capçal Motriu Per Guia Lineal 45x90	3,00	156,37		469,11
800.040.202	Capçal Reenviament Per Guia Lineal 45x90	2,00	129,48		258,96
800.040.203	Carro Per Guia Lineal 45x90	4,00	151,23		604,92
800.040.018	Metre Barra Trempada, Cromada i Rectificada Ø12	18,00	23,73		427,14
084.529.001	Metre Perfil Suport Per Guia Lineal	18,00	6,29		113,22
084.101.004	Metre Perfil 18,5x45 R8	6,00	5,21		31,26
084.101.006	Metre Perfil 18,5x90 R8	3,00	8,74		26,22
25AT10	Metre Corretja Dentada AT10 Ample 25mm	4,00	14,42		57,68
16AT10	Metre Corretja Dentada AT10 Ample 16mm	14,00	9,83		137,62
084.405.002	Platina Peu 90x90 M16	4,00	12,03		48,12
084.402.005	Peu Poliamida Ø100 M16	4,00	7,99		31,96
084.409.001	Escaire Fixació a Terra 45	4,00	6,29		25,16
084.305.005	Escaire 90x90 R8	2,00	5,62		11,24
084.201.023	Tapa Perfil 90x90	4,00	0,97		3,88
084.201.012	Tapa Perfil 45x45	2,00	0,84		1,68

***	Malla 30x30 Galvanitzada	4	25		100
084.301.004	Cargol M8x25	200,00	0,15		30,00
084.302.004	Femella M8 R8	400,00	0,14		56,00
084.301.005	Cargol M8x40	200,00	0,18		36,00
TOTAL:					4.281,60

Taula P 1. Pressupost del material intern

- *Material extern:*

En la següent taula es mostren tots els elements del paletitzador que s'hauran de comprar a proveïdors externs, incloent els tractaments de les peces que s'hauran de fer de mecanitzats.

REFERÈNCIA	DESCRIPCIÓ	UNITATS	PREU UNITARI (€)	IMPORT (€)
M045FC01C0-QV6	Motoreductor M045 Eix X	1,00	262,50	262,50
M045FC01C0-QB3	Motoreductor M045 Eix Y	1,00	262,50	262,50
M050FC01C0-RV5	Motoreductor M050 Eix Z	1,00	286,20	286,20
OK170001-01-0002	Platina Carro 90x90	1,00	49,08	49,08
OK170001-01-0003	Platina Carro 45x90	1,00	50,28	50,28
OK170001-01-0004	Eix Motriu X1 Motoreductor	1,00	79,36	79,36
OK170001-01-0005	Eix Motriu X2 Motoreductor	1,00	58,86	58,86
OK170001-01-0006	Eix Motriu Y Motoreductor	1,00	68,67	68,67

OK170001-01-0007	Platina Unió Actuador de Gir	1,00	42,32		42,32
OK170001-01-0008	Platina Unió Ventoses	1,00	30,98		30,98
OK170001-01-0009	Protector Eixos	1,00	33,01		33,01
OK170001-01-0010	Suport Rodament	2,00	58,00		116,00
OK170001-01-0011	Eix Motriu Z Motoreductor	1,00	61,25		61,25
OK170001-01-0015	Platines D'unió	6,00	2,90		17,42
OK170001-01-0016	Adaptador M045	2,00	31,18		62,36
OK170001-01-0017	Adaptador M050	1,00	32,18		32,18
OK170001-01-0018	Adaptador Servo	3,00	164,28		492,84
MSA-M10528V-S7-M08	Capçal Magnètic	3,00	243,75		731,25
CSM-A	Metre Banda Magnètica Absoluta	5,00	106,24		531,20
***	Cinta Rodets	1,00	2.734,00		2.734,00
MSQB100R	Actuador Rotatiu SMC	1,00	596,74		596,74
SE75C	Acoblament SE75	1,00	51,24		51,24
***	Mecanitzar Acoblaments	1,00	39,60		39,60
6005 2RS	Rodament 6005	2,00	3,64		7,28
ZPT63HN-A16	Ventosa SMC	4,00	23,19		92,76
ZK2A12K5PL-08-D	Ejector	1,00	189,59		189,59

TUS0425BU-20	Metre Tub Poliuretà Flexible	10,00	1,96	19,60
ZP2V-A8-07	Vàlvula de Retenció	4,00	8,78	35,12
***	Sorrejar i Lacar Peces	1,00	80,00	80,00
TOTAL:				7.114,19

Taula P 2. Pressupost del material extern pel paletitzador amb motoreductors

- *Programació:*

El pressupost que l'empresa *PROFAN* ha estimat per realitzar la programació del paletitzador amb formats il·limitats i amb PC industrial de 15", és el següent.

ELEMENT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	IMPORT (€)
Armari de control	2,00	7.480,00	14.960,00
Instal·lació elèctrica	1,00	4.185,00	4.185,00
Esquemes elèctrics i programes	1,00	13.490,00	13.490,00
Posada en marxa	1,00	2.315,00	2.315,00
TOTAL:			34.950,00

Taula P 3. Pressupost de la programació pel paletitzador amb motoreductors

- *Mà d'obra:*

La mà d'obra, s'ha dividit en dues parts, les hores d'enginyeria invertides en el disseny del paletitzador (sense comptar les hores d'investigació prèvies), i les hores de feina que un operari haurà d'invertir per muntar-lo.

TIPUS DE MÀ D'OBRA	QUANTITAT (hores)	PREU UNITARI (€)	IMPORT (€)
Enginyeria	300	35,00	10.500,00
Muntatge	20,00	30,00	600,00
TOTAL:			11.100

Taula P 4. Pressupost de les hores de muntatge i d'enginyeria

P2. Costos del paletitzador amb servomotors

- *Material intern:*

El pressupost del material intern del paletitzador amb servomotors és el mateix que per l'altre paletitzador, ja que l'estructura és la mateixa.

Els elements amb els seus respectius preus estan referenciats a la *Taula P1*.

- *Material extern:*

REFERÈNCIA	DESCRIPCIÓ	UNITATS	PREU UNITARI(€)	IMPORT (€)
***	Conjunt Servomotor Eix X	1,00	1.542,01	1.542,01
***	Conjunt Servomotor Eix Y	1,00	1.369,83	1.369,83
***	Conjunt Servomotor Eix Z	1,00	1.542,01	1.542,01
***	Accessoris Pels Servomotors	1,00	699,30	699,30

OK170001-01-0002	Platina Carro 90x90	1,00	49,08		49,08
OK170001-01-0003	Platina Carro 45x90	1,00	50,28		50,28
OK170001-01-0007	Platina Unió Actuador de Gir	1,00	42,32		42,32
OK170001-01-0008	Platina Unió Ventoses	1,00	30,98		30,98
OK170001-01-0009	Protector Eixos	1,00	33,01		33,01
OK170001-01-0010	Suport Rodament	2,00	58,00		116,00
OK170001-01-0012	Eix Motriu Z Servo	1,00	58,35		58,35
OK170001-01-0013	Eix Motriu Y Servo	1,00	68,70		68,70
OK170001-01-0014	Eix Motriu X1 Servo	1,00	79,36		79,36
OK170001-01-0015	Platines D'unió	6,00	2,90		17,42
OK170001-01-0018	Adaptador Servo	3,00	164,28		492,84
OK170001-01-0019	Eix Motriu X2 Servo	1,00	58,86		58,86
***	Cinta Rodets	1,00	2.734,00		2.734,00
MSQB100R	Actuador Rotatiu SMC	1,00	596,74		596,74
SE75C	Acoblament SE75	1,00	51,24		51,24
SR60V	Acoblament SR60	3,00	23,89		71,66

***	Mecanitzar Acoblaments	4	39,60	158,40
6005 2RS	Rodament 6005	2,00	3,64	7,28
ZPT63HN-A16	Ventosa SMC	4,00	23,19	92,76
ZK2A12K5PL-08-D	Ejector	1,00	189,59	189,59
TUS0425BU-20	Metre Tub Poliuretà Flexible	10,00	1,96	19,60
ZP2V-A8-07	Vàlvula de Retenció	4,00	8,78	35,12
***	Sorrejar i Lacar Peces	1,00	80,00	80,00
TOTAL:				10.286,74

Taula P 5. Pressupost del material extern pel paletitzador amb servomotors

- Programació:

ELEMENT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	IMPORT (€)
Armari de control	2,00	6.225,00	12.450,00
Instal·lació elèctrica	1,00	3.495,00	3.495,00
Esquemes elèctrics i programes	1,00	12.260,00	12.260,00
Posada en marxa	1,00	2.315,00	2.315,00
TOTAL:			30.520,00

Taula P 6. Pressupost de la programació pel paletitzador amb servomotors

P3. Pressupostos finals

TIPUS DE COST	PALETITZADOR AMB MOTOREDUCTORS	PALETITZADOR AMB SERVOMOTORS
Material intern	4.281,60	4.281,60
Material extern	7.114,19	10.286,74
Programació	34.950,00	30.520,00
Mà d'obra	11.100,00	11.100,00
TOTAL:	57.455,79	56.188,34

Taula P 7. Pressupostos finals de les dues versions

Índex de taules

Taula P 1. Pressupost del material intern _____	3
Taula P 2. Pressupost del material extern pel paletitzador amb motoreductors _____	5
Taula P 3. Pressupost de la programació pel paletitzador amb motoreductors _____	5
Taula P 4. Pressupost de les hores de muntatge i d'enginyeria _____	6
Taula P 5. Pressupost del material extern pel paletitzador amb servomotors _____	8
Taula P 6. Pressupost de la programació pel paletitzador amb servomotors _____	8
Taula P 7. Pressupostos finals de les dues versions _____	9

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ



Annexos

Autor: Àlex Paez Garcia

Director: Miguel Angel Brigos Hermida

Convocatòria: Maig 2018

Índex

A1. CÀLCULS	1
A1.1. Selecció de materials	1
A1.1.1. Platines de secció rectangular	1
A1.1.2. Barres de secció circular (eixos)	8
A1.2. Selecció de motors i reductors	11
A1.3. Càlcul del coeficient de fricció dels patins	21
A1.4. Càlcul dels eixos	23
A1.4.1. Eixos per motoreductor de cargol sense fi	24
A1.4.2 Eixos pels servomotors	60
A1.5. Càlcul de l'actuador rotatiu	86
A1.6. Càlcul del sistema per buit amb ventoses	93
A2. VALIDACIÓ DEL DISSENY	99
A2.1. Validació platines d'unió entre actuadors Y i Z	99
A2.2. Validació dels eixos dels motoreductors	101
A2.3. Validació dels eixos dels servomotors	105
A2.4. Validació dels adaptadors pels motoreductors	108
A2.5. Validació de l'adaptador pels servomotors	109
A2.6. Validació de la placa d'unió entre l'actuador de gir i les ventoses	112
A2.7. Validació de la placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador Z	113
A2.8. Validació esquadres de fixació a terra	115
A3. MANUAL DE FUNCIONAMENT	117
A3.1. Descripció general	117
A3.1.1. Descripció dels elements	117
A3.1.2. Funcions del sistema	117
A3.1.3. Descripció del PLC	117
A3.1.4. Encendre i parar la màquina	118
A3.2. Monitorització del sistema	118
A3.3. Transferència de formats i posada en marxa	121
A3.3.1. Carregar un format	121
A3.3.2. Canviar l'estat de la placa	122
A3.4. Actuació en manual	124
A3.5. Gestió de formats	124

A3.5.1. Nou format.....	125
A3.5.2. Edició d'un format.....	126
A3.5.3. Eliminar un format	127
A3.5.4. Nou tipus de format.....	127
A3.5.5. Disseny del format	128
A3.5.6. Ajustaments del disseny	130
A3.5.7. Definició del pisos	131
A3.5.8. Imprimir un format	132
A3.6. Ajustos del sistema.....	132
A3.6.1. Ajustos generals	133
A3.6.2. Ajustos de la plaça.....	135
A3.7. Alarmes.....	137
A4. FACTURES	140
A4.1. Material extern.....	140
A4.1. Programació	159
A5. RESULTATS DELS CàLCULS REALITZATS AMB SOFTWARES	161
A5.1. Càlcul servomotor eix X.....	161
A5.2. Càlcul servomotor eix Y.....	165
A5.3. Càlcul servomotor eix Z.....	169
A5.4. Càlcul sistema de buit	173
A5.5. Càlcul actuador de gir.....	174
ÍNDEX D'IMATGES	175
ÍNDEX DE TAULES	180
ÍNDEX DE GRÀFICS	181

A1. Càlculs

A1.1. Selecció de materials

Un apartat important a tenir en compte és el de la selecció dels materials per a les peces dissenyades en funció de com hagin de treballar, perquè tinguin un bon rendiment, no estiguin sobredimensionades, i no resulti un sobre cost a l'hora de fabricar-les.

Primer es realitza l'estudi de les platines de secció rectangular i tot seguit, els eixos (tant motrius com de reenviament), que són de secció circular.

A1.1.1. Platines de secció rectangular

Dades que s'utilitzen a l'hora de realitzar els càlculs:

- A: Àrea de la secció, en aquest cas coneguda i constant.
 - m: Massa de les platines.
 - ρ : Densitat de les platines.
 - V: Volum de les platines.
 - L: Longitud de les platines.
 - K_{IC} : Resistència del material a fractura per tenacitat.
 - K_{IF} : Resistència del material a fractura per flexió.
 - E: Mòdul de Young del material, propietat del material.
 - I: Moment d'Inèrcia de la secció.
 - C: Cost del material.
 - C_r : Cost relatiu del material en funció de la massa.
- *Primer criteri: Relació entre densitat i resistència a fractura per tenacitat:*

Es busca un material que no sigui massa pesant, per tant, que no sigui molt dens però que a l'hora sigui capaç d'emmagatzemar suficient energia abans de trencar, per això s'intenta buscar un material que compti amb una resistència a la fractura per tenacitat elevada.

La massa ve definida per la següent equació:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot L$$

Equació A1

Coneixent l'expressió per trobar la resistència per tenacitat, relacionant amb la meitat de la longitud del trencament (a), Y una constant i F_c la força crítica de trencament que genera una tensió a la secció constant per a cada material, es té:

$$K_{ic} = Y \cdot \sigma_c \cdot \sqrt{\pi \cdot a} = Y \cdot \frac{F_c}{A} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \quad \text{Equació A2}$$

Substituint l' A , es troba la següent equació:

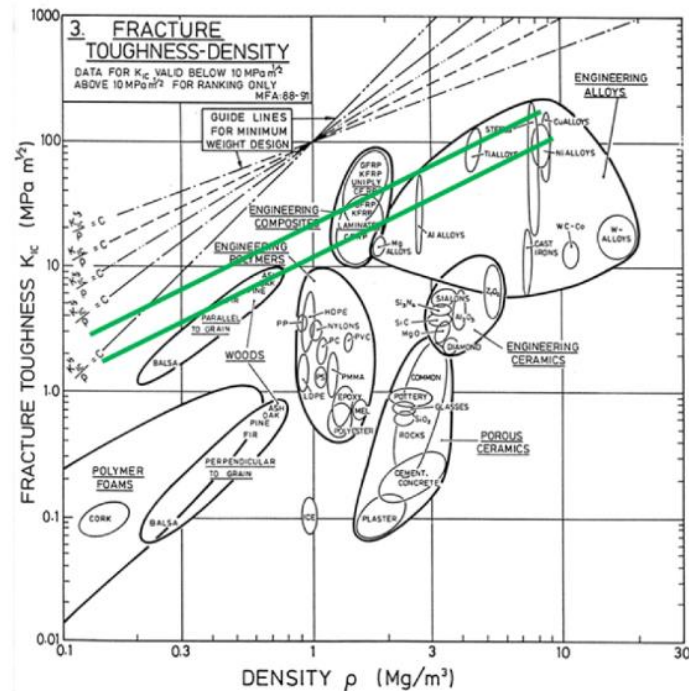
$$m = \rho \cdot A \cdot L = \rho \cdot Y \cdot \frac{F_c}{K_{ic}} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \cdot L = cte \cdot \frac{\rho}{K_{ic}} \quad \text{Equació A3}$$

En aquesta última equació, s'han agrupat totes les constants amb la finalitat de poder tindre més clara la relació que interessa:

$$m = cte \cdot \frac{\rho}{K_{ic}} \quad \text{Equació A4}$$

La massa és directament proporcional a la relació entre densitat i a la resistència a la fractura per tenacitat, per tant, si es vol un material on la massa sigui baixa, ja que el volum és constant, és el mateix que demanar que la seva densitat sigui baixa, s'ha de buscar un material amb una relació ρ/K_{ci} baixa, per tant, és equivalent a que buscar una relació K_{ci}/ρ alta.

En el llibre *Materials Selection in Mechanical Design* de M.F. Ashby, es poden trobar diferents taules que classifiquen la qualitat dels materials en funció de les diferents propietats d'aquests, en aquest criteri buscarem la relació entre la densitat i la resistència a la fractura per tenacitat.



Gràfic A1. Duresa/Fractura

Dels resultats de del **Gràfic A1**, s'obtenen que els materials que més s'adeqüen a les necessitats són:

- Composts d'enginyeria
- Aliatges de titani
- Acers
- Alumini
- Aliatges de Níquel i Coure

- *Segon criteri: Relació entre densitat i mòdul de Young:*

Al seu torn, el material no ha de sofrir moltes deformacions per a les tensions que haurà de suportar, i per aquest motiu s'intentarà buscar un material amb el mòdul de Young (relació entre les tensions aplicades i la deformació soferta pel material) elevada. Els passos es simplifiquen en relació a l'apartat anterior, degut a la similitud de les operacions amb el primer criteri.

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot L$$

Equació A5

La tensió que hauran de suportar les platines, ve donada per la seva resistència a la flexió, l'expressió per a una platina de secció uniforme és:

$$K_f = \frac{E \cdot I}{L}$$

Equació A6

Coneixent el moment d'inèrcia d'una secció rectangular per un eix paral·lel que passa pel seu centre, sent els costats de la barra h i b , coneguts, és:

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3$$

Equació A7

Si es substitueix la I a la equació anterior podem treure l'expressió:

$$K_f = \frac{E \cdot b \cdot h^3}{12 \cdot L} = \frac{E \cdot A \cdot h^2}{12 \cdot L} \rightarrow A = \frac{K_f \cdot L}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2}$$

Equació A8

S'ha substituït l'àrea $A=b \cdot h$, i ara substituint A en la massa de la barra:

$$m = \rho \cdot A \cdot L = \frac{\rho \cdot K_f \cdot L^2}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} = cte \cdot \frac{\rho}{E}$$

Equació A9

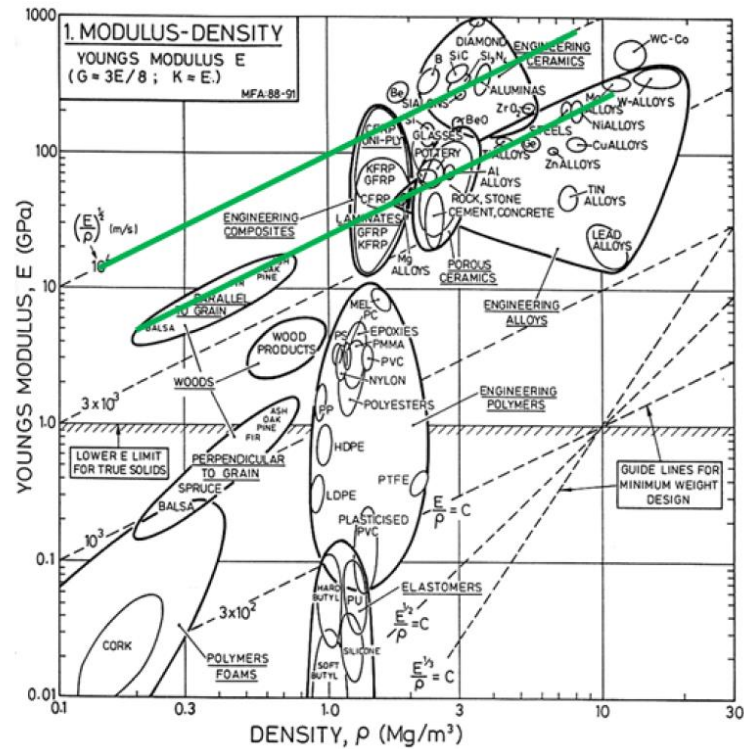
A l'última igualtat, s'han agrupat tots els valors constants per poder veure amb claredat la relació que es necessita:

$$m = cte \cdot \frac{\rho}{E}$$

Equació A10

Per tant, es pot extreure la conclusió que la massa és directament proporcional a la relació entre la densitat i el mòdul de Young, per tant, si es vol un material amb una densitat més baixa, es buscarà un material amb una relació ρ/E baixa, o el que seria el mateix, una relació E/ρ alta.

Tornant a utilitzar les taules del llibre de Materials Selection in Mechanical Design es troben els materials idonis per a la relació que es desitja.



Gràfic A2. Mòdul de Young/Densitat

Novament, dels resultats obtinguts de la taula anterior, s'extreu la informació dels materials que rendiran millor:

- Composts d'enginyeria
- Composts ceràmics
- Fustes
- Vidres
- Aliatges d'Alumini
- Aliatges de titani
- Acers

Finalment, un cop realitzats els dos primers criteris principals per seleccionar el millor material, degut al seu comportament, a utilitzar per a dissenyar les platines, s'imposa una tercera restricció relacionada amb els costos, sempre present en el món de l'enginyeria i que permet acabar de decidir quin material seleccionar.

- Tercer criteri: Relació entre el preu del material per unitat de massa i mòdul de Young:

Per acabar de seleccionar el material idoni, es realitza un tercer estudi on es busca aquell material que sigui més econòmic per unitat de massa i alhora tingui poca deformabilitat.

La fórmula del cost del material és la següent:

$$c = c_r \cdot m = c_r \cdot \rho \cdot A \cdot L \quad \text{Equació A11}$$

La tensió que haurà de suportar la platina ve donada per la seva resistència a la flexió, per tant l'expressió d'una barra de secció uniforme és:

$$K_f = \frac{E \cdot I}{L} \quad \text{Equació A12}$$

Coneixent el moment d'inèrcia d'una barra per a un eix paral·lel que passa pel seu centre, sent els costats de la barra h i b, els quals són coneguts, és:

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 \quad \text{Equació A13}$$

Si substituïm a l'equació anterior és treu la següent expressió:

$$K_f = \frac{E \cdot b \cdot h^3}{12 \cdot L} = \frac{E \cdot A \cdot h^2}{12 \cdot L} \rightarrow A = \frac{K_f \cdot L}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} \quad \text{Equació A14}$$

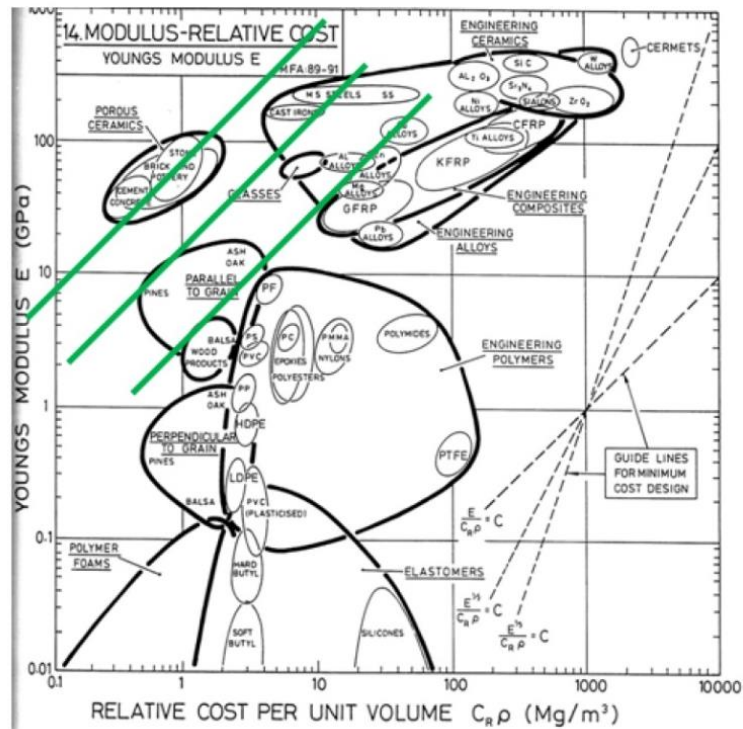
S'ha substituït l'àrea $A=b \cdot h$, i ara substituint A en la massa de la barra:

$$c = c_r \cdot m = c_r \cdot \rho \cdot A \cdot L = \frac{\rho \cdot K_f \cdot L^2}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} = cte \cdot \frac{c_r \cdot \rho}{E} \quad \text{Equació A15}$$

A l'última igualtat s'han agrupat tots els valors constants per poder veure amb claredat la relació que es necessita:

$$c = cte \cdot \frac{c_r \cdot \rho}{E} \quad \text{Equació A16}$$

Ara, utilitzant les taules del llibre de *Materials Selection in Mechanical Design* un altre cop, es poden trobar els materials idonis per a la relació que es desitja.



Gràfic A3. Mòdul de Young/Cost relatiu per unitat de volum

De la taula se'n pot extreure la selecció dels millors materials:

- Ceràmiques poroses
- Ferro
- Acers
- Fustes
- Vidres
- Aliatges d'alumini
- Aliatges de coure

Després de realitzar l'estudi dels 3 criteris per seleccionar el material més adequat, s'extreu la conclusió que els acers, els aluminis i els compostos d'enginyeria són els tres candidats a ser escollits ja que compleixen totes les condicions necessàries. Finalment s'optarà per escollir com a material per a les platines l'alumini, ja que aquest és més econòmic que els compostos d'enginyeria i té una menor densitat que l'acer, el qual reduirà una mica el pes final del paletitzador.

En canvi, per a les plaques que han d'anar doblegades, s'utilitzarà l'acer ja que també és un material econòmic com l'alumini, que tot i que té una densitat més elevada, presenta una major resistència a

l'hora d'aguantar pes; com les plaques no són excessivament grans, no suposarà una càrrega excessiva de pes i s'assegurarà el bon funcionament de tot el conjunt.

A1.1.2. Barres de secció circular (eixos)

Per calcular la selecció de materials de les barres de secció circular, es segueixen els mateixos tres criteris que en l'apartat anterior, per tant no es presenten per escrit les explicacions dels procediments que es segueixen, ja que són ídem però en lloc de secció rectangular, la secció és en aquest cas circular.

Dades que s'utilitzaran a l'hora de realitzar els càlculs:

- A: Àrea de la secció, en aquest cas coneguda i constant.
 - m: Massa de les barres.
 - ρ : Densitat de les barres.
 - V: Volum de les barres.
 - L: Longitud de les barres.
 - K_{ic} : Resistència del material a fractura per tenacitat.
 - K_f : Resistència del material a fractura per flexió.
 - E: Mòdul de Young del material, propietat del material.
 - I: Moment d'inèrcia de la secció.
 - C: Cost del material.
 - C_r : Cost relatiu del material en funció de la massa.
- *Primer criteri: Relació entre densitat i resistència a fractura per tenacitat:*

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot L \quad \text{Equació A17}$$

$$K_{ic} = Y \cdot \sigma_c \cdot \sqrt{\pi \cdot a} = Y \cdot \frac{F_c}{A} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \quad \text{Equació A18}$$

$$m = \rho \cdot A \cdot L = \rho \cdot Y \cdot \frac{F_c}{K_{ic}} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \cdot L = cte \cdot \frac{\rho}{K_{ic}} \quad \text{Equació A19}$$

$$m = cte \cdot \frac{\rho}{K_{ic}} \quad \text{Equació A20}$$

Igual que en les seccions rectangulars, la massa és directament proporcional a la relació entre la densitat i el mòdul de Young, per tant, si es vol un material amb una densitat més baixa, s'ha de buscar

un material amb una relació ρ/E baixa, o el que seria el mateix, una relació E/ρ alta, es a dir, que la selecció de materials serà exactament la mateixa en el primer criteri.

- Composts d'enginyeria
- Aliatges de titani
- Acers
- Aluminis
- Aliatges de Níquel i Coure

- Segon criteri: Relació entre densitat i mòdul de Young:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot L \quad \text{Equació A21}$$

$$K_f = \frac{E \cdot I}{L} \quad \text{Equació A22}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 \quad \text{Equació A23}$$

$$K_f = \frac{E \cdot b \cdot h^3}{12 \cdot L} = \frac{E \cdot A \cdot h^2}{12 \cdot L} \rightarrow A = \frac{K_f \cdot L}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} \quad \text{Equació A24}$$

$$m = \rho \cdot A \cdot L = \frac{\rho \cdot K_f \cdot L^2}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} = cte \cdot \frac{\rho}{E} \quad \text{Equació A25}$$

$$m = cte \cdot \frac{\rho}{E} \quad \text{Equació A26}$$

En aquest cas, tes torna a repetir el mateix resultat que en les seccions rectangulars; la massa és directament proporcional a la relació entre la densitat i el mòdul de Young, per tant, si es vol un material amb una densitat més baixa, s'ha de buscar un material amb una relació ρ/E baixa, o el que seria el mateix, una relació E/ρ alta. La selecció de materials, evidentment serà la mateixa que en el segon criteri de les seccions rectangulars.

- Composts d'enginyeria
- Composts ceràmics
- Fustes

- Vidres
- Aliatges d'Alumini
- Aliatges de titani
- Acers

- Tercer criteri: Relació entre el preu del material per unitat de massa i mòdul de Young:

$$c = c_r \cdot m = c_r \cdot \rho \cdot A \cdot L \quad \text{Equació A27}$$

$$K_f = \frac{E \cdot I}{L} \quad \text{Equació A28}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 \quad \text{Equació A29}$$

$$K_f = \frac{E \cdot b \cdot h^3}{12 \cdot L} = \frac{E \cdot A \cdot h^2}{12 \cdot L} \rightarrow A = \frac{K_f \cdot L}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} \quad \text{Equació A30}$$

$$c = c_r \cdot m = c_r \cdot \rho \cdot A \cdot L = \frac{\rho \cdot K_f \cdot L^2}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot h^2} = cte \cdot \frac{c_r \cdot \rho}{E} \quad \text{Equació A31}$$

$$c = cte \cdot \frac{c_r \cdot \rho}{E} \quad \text{Equació A32}$$

Finalment el tercer criteri torna a repetir exactament igual les mateixes expressions que per les seccions rectangulars, per tant surt la mateixa selecció de materials.

- Ceràmiques poroses
- Ferro
- Acers
- Fustes
- Vidres
- Aliatges d'alumini
- Aliatges de coure

Es pot afirmar que no influeix la secció del material per aquest tipus d'esforços.

Després de realitzar tots els càlculs per seleccionar els millors materials per dissenyar les barres de secció circular s'observa que es repeteix el mateix cas que en les barres de secció rectangular, els aluminis, els acers i els compostos d'enginyeria són els tres materials que compleixen els requisits en els tres criteris però, a diferència de en les seccions rectangulars, es seleccionen els acers com a material per dissenyar les barres circulars ja que aquest presenta un límit elàstic més elevat que els aluminis per dues raons fonamentals:

Primer de tot, els eixos són transmissors de potència, i això requereix un límit elàstic elevat i a part, els eixos que transmetran la potència no seran peces excessivament grans, pel que el pes d'aquests no és de tanta importància com en el cas anterior.

Per finalitzar adequadament la selecció de materials, s'ha parlat amb proveïdors i tallers disponibles per saber amb quina gamma d'aluminis i acers treballen, per així poder dissenyar les peces amb els materials adequats amb els que seran fabricats després.

Finalment, els materials principals que s'utilitzaran per dissenyar les platines necessàries per collar els diferents elements i els eixos transmissors de potència seran:

Platines rectangulars	Alumini 5754
Adaptadors	Alumini 5754
Platines doblegades	AISI 304
Eixos de transmissió de potència	AISI 304

Taula A 1. Resultats de la selecció de materials

A1.2. Selecció de motors i reductors

Un cop dissenyada l'idea de com haurà de ser l'estructura, un punt important és la correcta selecció dels motors i dels reductors. Es necessitaran un total de 3 motors, un per cada eix.

Primerament, es calcularan els motoreductors amb cargol sense fi, ja que són més econòmics i es possible adquirir-los per fer proves amb el primer prototip. És farà la comparació relació qualitat-preu, i finalment, s'escollirà una de les dues opcions.

En aquest cas, per poder escollir quin reductor i quin motor es necessita, s'hauran de calcular diversos paràmetres per tindre una referència. Com que el disseny no és definitiu encara, no es pot saber el pes total exacte de tots els elements, per tant, s'han fixat les masses que es coneixen però també s'han emprat altres masses orientatives per poder tenir un càlcul estimatiu.

A la següent taula es poden veure les masses fixes i les estimades que s'han emprat per realitzar els primers càlculs:

EIX X		EIX Y		EIX Z	
PES EIX Y	70 kg	PES EIX Z	59 kg	CAPÇAL MOTRIU	1,5 kg
CAPÇAL MOTRIU	2 kg	PLATINES UNIÓ EIX Z	6 kg	CAPÇAL TENSOR	1,5 kg
CAPÇAL TENSOR	2 kg	PATINS	3,5 kg	PERFIL 45X90	5,1 kg
PERFIL 90X90	6,5 kg	PLAT. UNIÓ PATINS	1,5 kg	PERFIL 18,5X45	1,5 kg
PERFIL 18,5X90	4 kg			PERFILS GUIA	2 kg
PERFILS GUIA	2,8 kg			BARRES Ø12	3 kg
BARRES Ø12	4,1 kg			PATNS	2,6 kg
PATINS	2,6 kg			MOTOR	6 kg
MOTOR	6 kg			EIX MOTRIU	0,5 kg
EIX MOTRIU	0,5 kg			ADAPTADOR MOTOR	0,3 kg
ADAPT. MOTOR	0,3 kg			SISTEMA DE GIR	10 kg
PLAT. UNIÓ CAPÇALS	1,2 kg			SISTEMA D'AGAFAMENT	10 kg
				CAIXA	≤15 kg
TOTAL	102 kg	TOTAL	70 kg	TOTAL	59 kg

Taula A 2. Pesos per al primer càlcul dels motors

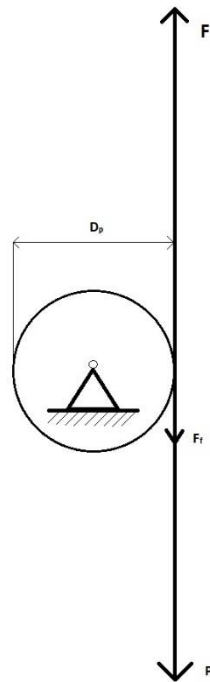
Amb tots aquests pesos i la fricció calculada en l'apartat **A1.3.**, es procedeix a realitzar els càlculs corresponents per a cada un dels 3 motors dels que ha de disposar el paletitzador.

S'ha de tenir en compte també la velocitat màxima que el fabricant dels actuadors lineals ens recomana, 1 m/s, per garantir un bon funcionament d'aquests. Per tant, s'ha d'intentar aproximar tant com es pugui al velocitat a la màxima recomanada, per poder assegurar que els actuadors funcionaran correctament i obtenir el màxim rendiment possible.

Dades que s'utilitzaran pels càlculs:

- F: Força necessària del motor.
 - D_p : Diàmetre primitiu de la politja .
 - F_f : Força de fregament.
 - P: Pes total de l'eix Z.
 - W: Potència.
 - N: Força que les rodes dels patins realitzen sobre les guies.
 - μ_e : Coeficient de fricció estàtica.
 - g: Gravetat .
 - m: Massa.
 - v: Velocitat lineal.
 - i: Reducció.
 - n_{motor} : Revolucions per minut del motor.
 - $w_{sortida}$: Velocitat radial de sortida del motor.
 - $v_{sortida}$: Velocitat lineal de sortida del motor.
-
- Càlcul pel motor i reductor en l'eix z:

L'eix Z és l'eix que treballa verticalment, per tant, primer de tot es dibuixa el gràfic per simplificar la situació:



Il·lustració A 1. Simplificació dels esforços en l'eix Z

Primer de tot es calcula el moment d'inèrcia que tindrà l'eix al ser accionat pel motor, així es sabrà el moment d'inèrcia mínim necessari per posar en funcionament l'actuador. La fórmula per realitzar aquest càlcul és la següent:

$$M_z = F \cdot d \quad \text{Equació A33}$$

La fórmula per calcular la força que s'ha de realitzar per aixecar tot el braç, ve donada per l'expressió:

$$\sum F_z = F - P - F_f = 0 \quad \text{Equació A34}$$

Aïllant la F de l'equació:

$$F = P + F_f \quad \text{Equació A35}$$

Coneixent el pes, només falta calcular la força de fregament per al eix Z, que ve donada per la següent expressió:

$$F_f = \mu_e \cdot N \quad \text{Equació A36}$$

No es coneix la força exacte que realitzen les rodes dels patins respecte les guies d'aquests. S'estima aquesta força en uns 12,5 N per roda, per tant, al haver-hi 8 rodes en aquest eix, la força normal serà d'uns 100 N.

Es coneix el coeficient de fregament estàtic, per tant es pot resoldre l'equació anterior. La força de fregament resulta ser:

$$F_f = \mu_e \cdot N = 0,29 \cdot 100N = 29N \quad \text{Equació A37}$$

Amb el pes, que és la massa per la gravetat, i la força de fregament, es pot calcular la força necessària per aixecar tot l'actuador lineal:

$$F = m \cdot g + F_f = 59kg \cdot 10m/s^2 + 29N = 619N \quad \text{Equació A38}$$

Si es substitueix la força trobada a l'**Equació A33**, coneixent la d , que és el radi primitiu de la politja, es pot calcular el moment d'inèrcia mínim que el motor necessitarà per fer girar l'eix:

$$M_z = F \cdot d = 619N \cdot \frac{63,7 \cdot 10^{-3}m}{2} = 19,72 \approx 20N \cdot m \quad \text{Equació A39}$$

En aquest cas, el motor treballa realitzant una elevació, per tant la fórmula per calcular la potència requerida és la següent:

$$W = \frac{m \cdot g \cdot v}{1000} \quad \text{Equació A40}$$

Es fa el càlcul estimatiu de la potència mínima del motor suposant que la velocitat lineal de sortida serà la màxima possible per l'actuador lineal, per tant:

$$W = \frac{m \cdot g \cdot v}{1000} = \frac{59kg \cdot 10m/s^2 \cdot 1m/s}{1000} = 0,59kW \quad \text{Equació A41}$$

Amb aquestes dues dades, la potència i el moment d'inèrcia mínims del motor, ja es pot concretar quin model de reductor s'ha d'emprar mirant el catàleg d'Hydromec.

Es necessita una potència mínima de 0,59kW i un moment d'inèrcia de 20 N·m, per tant, els primers motoreductors que compleixen amb les especificacions, són els de mida 50.

D'aquests reductors n'hi ha tres amb diferents reduccions que compleixen les necessitats, els reductors amb reduccions 1/7, el 1/10 i el 1/14. Els tres van muntats amb un motor de 0,75 kW, que gira a 1400 revolucions per minut i els tres tenen un factor de seguretat per sobre d'1, per tant, es donen com a vàlids.

Es vol aconseguir una velocitat d'1 m/minut per aconseguir el màxim rendiment possible, per tant, es calcula la reducció ideal necessària per aconseguir-la.

Primer es converteix la velocitat lineal en radial:

$$w_{sortida} = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot 1400 \text{ rpm} = 146,61 \text{ rad/s} \quad \text{Equació A42}$$

Es calcula la velocitat lineal de sortida que proporciona el motor, sabent la w de sortida calculada en l'Equació A42, amb la següent fórmula:

$$v_{motor} = w_{sortida} \cdot \frac{D_p}{2} = 146,61 \text{ rad/s} \cdot \frac{63,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2} = 4,67 \text{ m/s} \quad \text{Equació A43}$$

Finalment, es calcula la relació ideal necessària per aconseguir la velocitat màxima d'un metre per segon.

$$i = \frac{v_{motor}}{v} = \frac{4,67 \text{ m/s}}{1 \text{ m/s}} = 4,67 \quad \text{Equació A44}$$

La relació que ha de tenir el reductor s'ha d'acostar al màxim a 1/4,67, per tant es pot triar el reductor de 1/7 que és el que té una relació més propera a la calculada.

Per saber ara la velocitat lineal a la qual anirà el actuador en l'eix Z, s'han de realitzar (amb la reducció 1/7) els següents càlculs.

La fórmula per calcular la velocitat lineal a la que anirà la corretja en metres per minut és:

$$v = \frac{n_{motor} \cdot \pi \cdot D_p}{i} \quad \text{Equació A45}$$

Substituint els valors podem trobar la velocitat:

$$v = \frac{n_{motor} \cdot \pi \cdot D_p}{i} = \frac{1400 \text{ rpm} \cdot \pi \cdot 63,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{7} = 40 \text{ m/min} \quad \text{Equació A46}$$

Finalment es converteixen els metres per minut a metres per segon amb un factor de conversió:

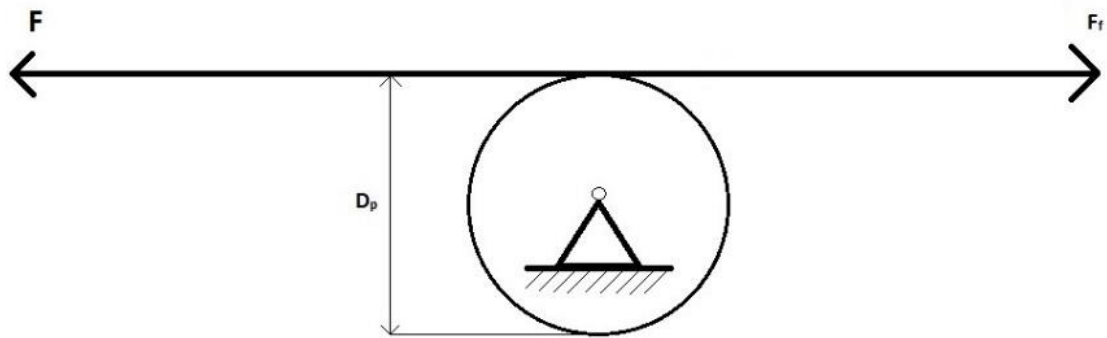
$$40 \text{ m/min} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,67 \text{ m/min} \quad \text{Equació A47}$$

Per tant la velocitat màxima a la que podrà anar l'actuador lineal en l'eix Z és de 0,67 m/min.

- Càlcul pel motor i reductor en l'eix Y:

Per calcular el motor i el reductor en l'eix Y, es segueixen els mateixos passos que en els càlculs realitzats per l'eix Z, per tant, no s'expliquen els procediments que es segueixen, ja que és el mateix.

L'eix Y és el que té menys recorregut linealment. S'utilitza l'actuador lineal amb del catàleg d'*Alusic* amb referència 800.020. Igual que en l'apartat anterior, es dibuixa l'esquema simplificat per veure les forces i moments que s'hi apliquen.



Il·lustració A 2. Simplificació dels esforços en l'eix Y

$$M_z = F \cdot d \quad \text{Equació A48}$$

En l'eix Y, a diferència de l'eix Z, no influeix el pes directament a l'hora calcular la força necessària que es necessita, per tant, l'expressió és:

$$\sum F_y = F - F_f = 0 \quad \text{Equació A49}$$

$$F = F_f \quad \text{Equació A50}$$

$$F_f = \mu_e \cdot N \quad \text{Equació A51}$$

Per aquest eix, la força normal és la contraposada al pes que ha de moure el patí. Com el pes és conegut, es pot calcular la força de fregament estàtic substituint a la següent fórmula. S'ha menyspreant la pressió que exerceixen les rodes a la guia ja que en comparació al pes que ha de moure el patí és molt més gran que aquesta.

$$F_f = \mu_e \cdot N = 0,29 \cdot 70\text{kg} \cdot 10\text{m/s}^2 = 203\text{N} \quad \text{Equació A52}$$

La força que s'ha d'exercir és equivalent a la força de fregament estàtica, per tant.

$$F = F_f = 203\text{N} \quad \text{Equació A53}$$

$$M_z = F \cdot d = 203\text{N} \cdot \frac{63,7 \cdot 10^{-3}\text{m}}{2} = 6,47 \approx 6,5\text{N} \cdot \text{m} \quad \text{Equació A54}$$

En aquest cas, el motor treballa realitzant un moviment lineal, per tant, la fórmula per calcular la potència requerida és la següent:

$$W = \frac{F \cdot v}{1000} \quad \text{Equació A55}$$

$$W = \frac{F \cdot v}{1000} = \frac{203\text{N} \cdot 1\text{m/s}}{1000} = 0,203\text{kW} \quad \text{Equació A56}$$

Es necessita una potència mínima de 0,203kW i un moment d'inèrcia de 6,5 N·m, per tant, els primers motoreductors que compleixen amb les especificacions són els de mida 30.

D'aquests reductors n'hi ha tres amb diferents reduccions que compleixen les necessitats, els reductors amb reduccions 1/7, el 1/10, el 1/15 i el 1/20. Els quatre van muntats amb un motor de 0,37 kW, que gira a 1400 revolucions per minut i els tres tenen un factor de seguretat per sobre de 1, per tant, es donen com a vàlids.

Així doncs, la relació que haurà de tenir el reductor s'haurà d'acostar al màxim a 1/4,67. Amb aquest càlcul, s'arriba a la conclusió de que es pot triar el reductor de 1/7, que és el que està més proper al calculat.

Per saber ara la velocitat lineal a la qual anirà l'actuador en l'eix Z, s'han de realitzar amb la reducció 1/7 els següents càlculs.

$$v = \frac{n_{motor} \cdot \pi \cdot D_p}{i}$$

Equació A57

$$v = \frac{n_{motor} \cdot \pi \cdot D_p}{i} = \frac{1400rpm \cdot \pi \cdot 63,7 \cdot 10^{-3}m}{7} = 40m/min$$

Equació A58

$$40m/min \cdot \frac{1min}{60s} = 0,67m/min$$

Equació A59

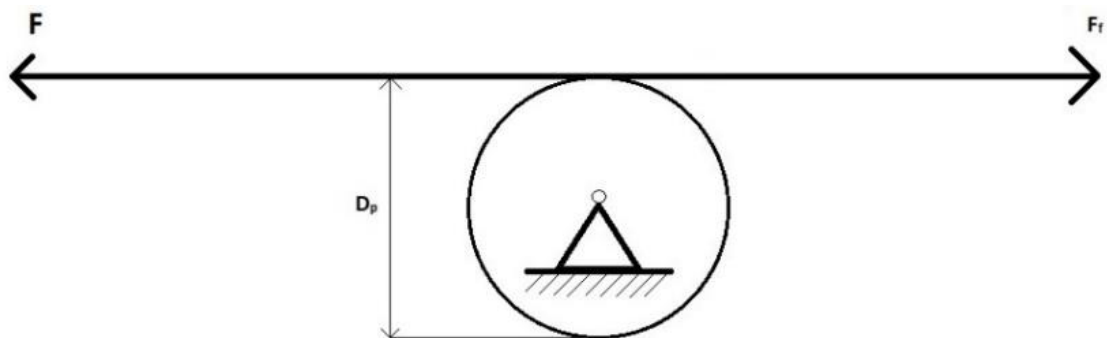
En conclusió, un cop realitzats els càlculs, la velocitat màxima a la que podrà anar l'actuador lineal en l'eix Y, igual que l'eix Z, és de 0,67 m/min.

- Càlcul per al motor i reductor en l'eix x:

Per calcular el motor i el reductor en l'eix X, es segueixen els mateixos passos que en els càlculs realitzats per l'eix Z i l'eix Y, per tant tampoc s'expliquen els procediments que es segueixen ja que és el mateix.

L'eix X, igual que l'eix Z, té un recorregut de 1700 mm. S'utilitza l'actuador lineal 800.010 també, però en aquest cas, igual que en l'eix Y, aquest treballa horitzontalment, i a més a més, en lloc de ser un actuador lineal, en són dos col·locats paral·lelament per millorar l'estabilitat. Igual que en l'apartat anterior, es dibuixa l'esquema simplificat per veure les forces i moments que s'hi apliquen.

Es pot observar que l'esquema és idèntic l'emprat per a l'eix Y, ja que el treball que realitzen és el mateix.



Il·lustració A 3. Simplificació dels esforços en l'eix X

$$M_z = F \cdot d$$

Equació A60

En l'eix Y, a diferència de l'eix Z, no influeix el pes directament a l'hora de calcular la força necessària que es necessita, per tant, l'expressió és.

$$\sum F_y = F - F_f = 0 \quad \text{Equació A61}$$

$$F = F_f \quad \text{Equació A62}$$

$$F_f = \mu_e \cdot N \quad \text{Equació A63}$$

Per aquest eix, la força normal és la contraposada al pes que ha de moure el patí, igual que en l'eix Y. Com el pes és conegut, es pot calcular la força de fregament estàtic substituint a la següent fórmula. S'ha menyspreant la pressió que exerceixen les rodes a la guia ja que en comparació al pes que ha de moure el patí és molt més gran que aquesta.

$$F_f = \mu_e \cdot N = 0,29 \cdot 102 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 295,8 \text{ N} \quad \text{Equació A64}$$

La força que s'ha d'exercir és equivalent a la força de fregament estàtica, per tant:

$$F = F_f = 295,8 \text{ N} \quad \text{Equació A65}$$

$$M_z = F \cdot d = 295,8 \text{ N} \cdot \frac{63,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2} = 9,42 \approx 9,5 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{Equació A66}$$

En aquest cas, el motor treballa realitzant un moviment lineal, per tant, la fórmula per calcular la potència requerida és la següent:

$$W = \frac{F \cdot v}{1000} \quad \text{Equació A67}$$

$$W = \frac{F \cdot v}{1000} = \frac{295,8 \text{ N} \cdot 1 \text{ m/s}}{1000} = 0,296 \text{ kW} \quad \text{Equació A68}$$

Es necessita una potència mínima de 0,296kW i un moment d'inèrcia de 9,5 N·m, així doncs, els primers motoreductors que compleixen amb les especificacions són els de mida 45.

D'aquests reductors n'hi ha quatre que compleixen les necessitats. Es diferencien per les seves reduccions, aquestes són; 1/7, el 1/10, el 1/14 i el 1/21. Els quatre van muntats amb un motor de 0,18

kW, que gira a 1400 revolucions per minut i els tres tenen un factor de seguretat per sobre de 1, per tant, es donen com a vàlids.

En conclusió, la relació que haurà de tenir el reductor s'haurà d'acostar al màxim a 1/4,67, així doncs, s'escull el reductor de 1/7 que és el que està més proper al calculat.

Per saber ara la velocitat lineal a la qual anirà el actuador en l'eix X, s'han de realitzar amb la reducció 1/7, els següents càlculs.

$$v = \frac{n_{motor} \cdot \pi \cdot D_p}{i} \quad \text{Equació A69}$$

$$v = \frac{n_{motor} \cdot \pi \cdot D_p}{i} = \frac{1400rpm \cdot \pi \cdot 63,7 \cdot 10^{-3}m}{7} = 40m/min \quad \text{Equació A70}$$

$$40m/min \cdot \frac{1min}{60s} = 0,67m/min \quad \text{Equació A71}$$

Un cop realitzats els càlculs, la velocitat màxima a la que podrà anar l'actuador lineal en l'eix X, igual que l'eix Y i el Z, és de 0,67 m/min.

A1.3. Càlcul del coeficient de fricció dels patins

En el catàleg d'*Alusic*, no apareix la fricció que hi ha entre el contacte de les rodes del patí amb la barra d'acer inoxidable per on es desplaça, per tant, s'ha fet un assaig per poder determinar-la i així poder obtindre uns càlculs més precisos.

Aquesta fricció augmentarà o disminuirà depenent de l'estat en que es trobi la barra. En aquest cas, es recomana sempre tindre una bona cura del paletitzador, i netejar i lubricar cada cop que sigui necessari les barres, per així afavorir el desplaçament dels patins sobre aquestes i no generar sobre esforços innecessaris fàcilment evitables.

Tenint en compte el manteniment que es recomana fer per mantenir el bon rendiment del paletitzador, s'ha realitzat l'estudi per calcular la fricció amb les barres netes i lubricades.

Hi ha dos tipus de fregament o fricció, la fricció estàtica (F_e) i la fricció dinàmica (F_d). El primer és la resistència que s'ha de superar per posar en moviment un cos pel que fa a un altre que es troba en contacte. El segon, és la resistència, de magnitud considerada constant, que s'oposa al moviment però

una vegada que aquest ja ha començat. En resum, el que diferencia a un fregament amb l'altre, és que l'estàtic actua quan els cossos estan en repòs relatiu i que el dinàmic ho fa quan ja estan en moviment.

Un cop descrites les dues forces de fregament, es determina concretar la fricció estàtica, ja que serà la més alta de les dues, i pel moviment que realitzarà el paletitzador, que pràcticament són tot arrancades i parades, és la que més importància tindrà.

Per dur a terme l'estudi, s'agafa com a prova un actuador lineal amb referència 800.010 i es desmunta parcialment. Es deixa la corretja dentada penjant, perpendicularment al perfil de l'actuador, utilitzant la politja que incorpora el capçal i al final de la corretja es fixa una caixa per poder posar-hi pes.

L'assaig és caracteritza per anar col·locant pes poc a poc dins de la caixa, fins al punt que aquest pes fa començar a desplaçar el patí. Just en aquest punt, el pes de la caixa serà el que ens marcarà després, emprant els càlculs adients, la força de fricció estàtica aproximada.



Il·lustració A 4. Assaig per calcular el fregament dels actuadors lineals

Dades que s'utilitzaran a l'hora de realitzar els càlculs:

- F_e : Força de fricció estàtica.
- μ_e : Coeficient de fricció estàtica.
- N : Pes del patí.
- g : Gravetat.
- P : Pes de la caixa.

Primer de tot, s'ha de calcular el coeficient de fricció (μ), la fórmula és la següent:

$$F_e = \mu_e \cdot N \quad \text{Equació A72}$$

Sabent que el Pes que ha fet accionar el patí és de 0,5 kg, i la gravetat l'aproximem a 10 m/s^2 , es troba la força de fricció estàtica:

$$F_e = P \cdot g = 0,5 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 5 \text{ N} \quad \text{Equació A73}$$

Sabent que el pes del patí és de 1,7 kg, aïllant el coeficient de fricció ens queda la següent expressió d'on ja es pot calcular el coeficient de fricció estàtic:

$$\mu_e = \frac{F_e}{N} = \frac{5 \text{ N}}{1,7 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 0,29 \quad \text{Equació A74}$$

A1.4. Càlcul dels eixos

Per realitzar un bon dimensionat dels eixos que accionaran els actuadors lineals del paletitzador, s'ha de realitzar el càlcul previ d'aquests.

Tal i com s'ha calculat en l'apartat **A1.1**, el material del qual estaran dissenyats els eixos serà d'acer AISI 304. La tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, i el límit a fatiga és de 205 MPa per aquest material.

També s'emprarà un acabat superficial rectificat, el factor de tipus d'esforç i el de temperatura igual a 1 i un factor de confiabilitat del 99% per a tots els eixos.

En general, els eixos són curts en longitud. Giren per transmetre el moviment del motor als actuadors lineals i només generen esforços de torsió constants. Per excepció, només els eixos de l'actuador X tindran esforços flectors, degut a la càrrega que suposa la unió dels eixos amb l'acoblament. Aquesta càrrega, per tant, serà equivalent al pes total de l'acoblament, dividit entre dos, i causarà un moment flector a cada un dels eixos.

Els anàlisis i estudis que s'han de realitzar en el disseny d'un eix depèn del disseny que s'hagi proposat, així com la forma que estan distribuïdes les càrregues i de com es suporti, per tant, es realitzarà el següent estudi per determinar quin és el factor de seguretat dels eixos.

Dades que s'utilitzaran per calcular els eixos:

- Mides de l'eix dissenyat.
- P: Potència.
- ω : Revolucions per minut de sortida del reductor.
- T: Torsió
- M_t : Moment torçor.
- D: Diàmetre gran.
- d: Diàmetre petit.
- r: Radi de l'acabat.
- σ_R : Tensió de ruptura de l'assaig de tracció del material AISI 304.
- σ_f : Límit a fatiga del material AISI 304.
- FS: Factor de seguretat.
- K_a : Factor d'acabat superficial.
- K_b : Factor de mida.
- K_c : Factor de tipus d'esforç.
- K_d : Factor temperatura.
- K_e : Factor de confiabilitat.
- K_f : Factor d'entalla.
- q: Factor de sensibilitat d'entalla
- K_t : Factor de concentració de tensions a les entalles.
- k_{t-s} : Factor de concentració de tensions als xaveters per torsió.
- M_f : Moment flector.
- σ_N : Tensió límit de la peça associada a una vida N real.
- σ'_N : Tensió límit de la proveta associada a una vida N.
- g: Gravetat.
- W: Pes.
- F: Força.

A1.4.1. Eixos per motoreductor de cargol sense fi

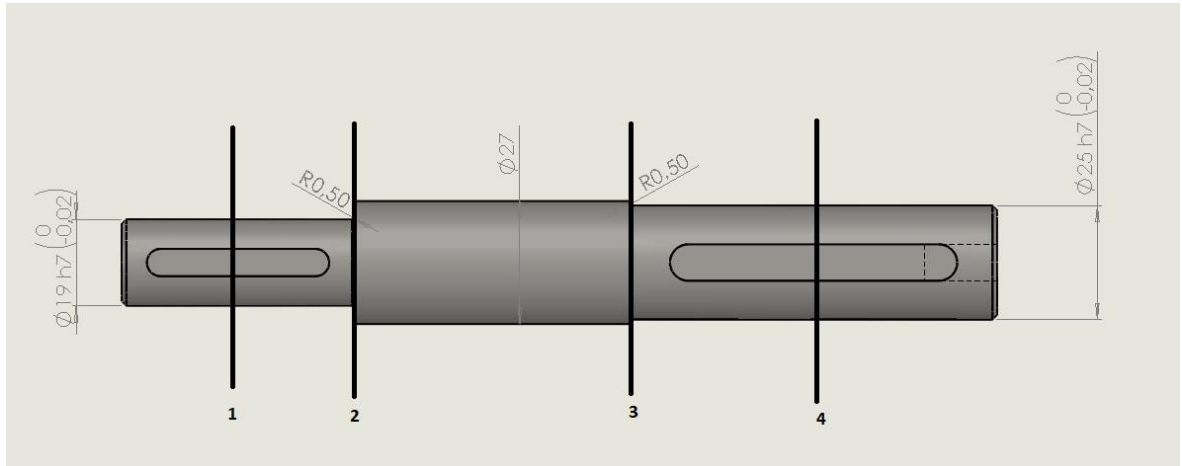
- *Estudi del disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Z:*

Al tindre ja el motor calculat i els actuadors lineals on s'ha de transmetre el moviment, es pot fer el disseny de com haurà de ser l'eix per poder adaptar-se a la forma del reductor de mida 50 i a la politja que inclou l'actuador lineal 800.010.

L'única força aplicada en l'eix, prové del moment torçor que sofreix degut a la força transmesa pel motor. S'ha de calcular el moment torçor, que serà el mateix que el que transmetrà a la politja que farà moure l'actuador lineal.

Del disseny de l'eix, se n'extreu diverses seccions crítiques, per tant, es comprovarà que aquest, estigui ben realitzat, i compleixi amb les especificacions demanades sense que es trenqui ni es deformi.

Les seccions crítiques de l'eix de l'actuador Z són les següents:



Il·lustració A 5. Seccions crítiques de l'eix de l'actuador Z

Secció 1: Xaveta.

Secció 2: Entalla.

Secció 3: Entalla.

Secció 4: Xaveta.

Primer de tot, es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest moment torçor serà constant al llarg de tot l'eix:

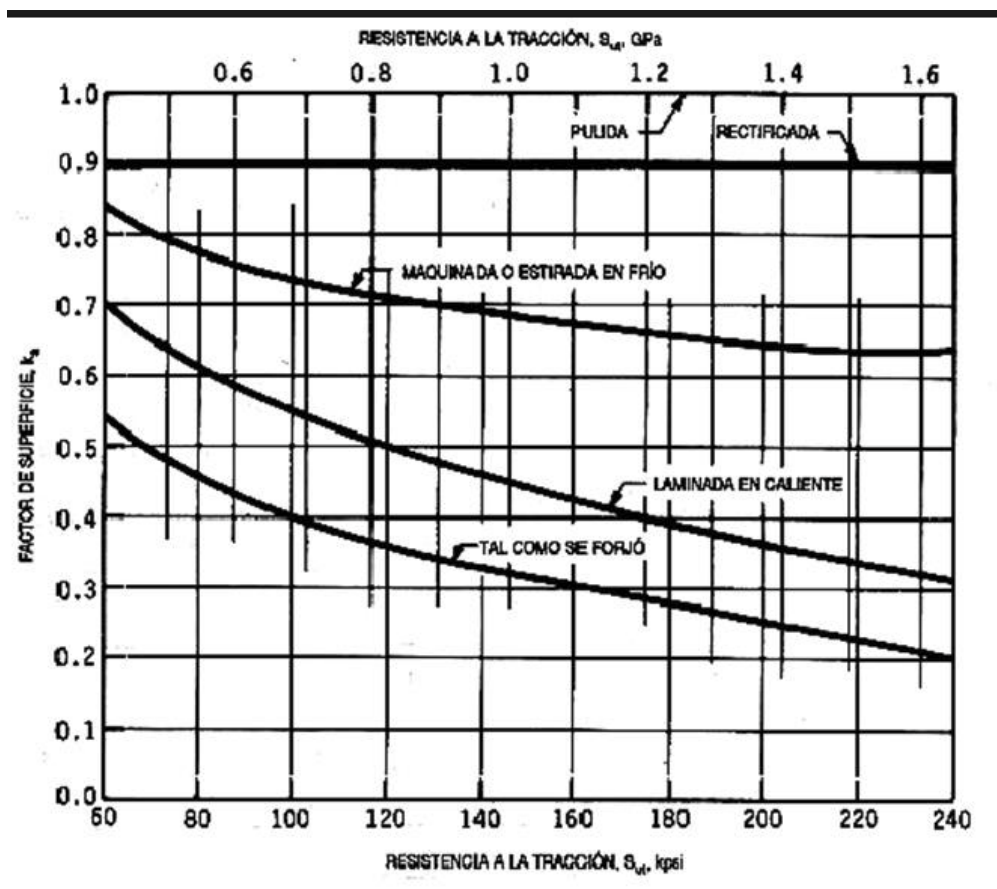
$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{750W \cdot 60}{200rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 35,81N \cdot m \quad \text{Equació A75}$$

Segons les gràfiques i fórmules, es determinen tots els factors modificadors del límit a fatiga, l'expressió és la següent:

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right]_N \cdot \sigma'_N \quad \text{Equació A76}$$

L'acabat superficial de l'eix és rectificat, per tant, el k_a serà comú per totes les seccions crítiques.

Segons el **Gràfic A4** el factor d'acabat superficial és:



Gràfic A4. Factor d'acabat superficial k_a vs σ_R (MPa)

$$k_a = 0,9$$

Equació A77

Per determinar el factor de mida k_b , s'han de realitzar interpolacions per a les seccions que no coincideixen els diàmetres amb els de la següent taula:

\varnothing [mm]	10	15	20	25	30	35	40	45	50
k_b	1	0,93	0,90	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,80

Si $\varnothing > 50$ mm llavors $k_b = 0,75$

Taula A 3. Factors de mida de diferents diàmetres

Per a la secció crítica 1 i la 2 és necessari interpolar per trobar el factor de mida d'un eix de diàmetre 19 mm. Per realitzar la interpolació, es prenen com a dades:



- $X_1 = 15$ mm.
- $X_2 = 20$ mm.
- $X = 19$ mm.
- $Y_1 = 0,93$.
- $Y_2 = 0,90$.
- $Y = ?$

Per interpolar s'utilitzarà la següent fórmula:

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right] \quad \text{Equació A78}$$

Substituint:

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906 \quad \text{Equació A79}$$

Per tant k_b és 0,906 per a les seccions 1 i 2.

Per a les seccions 3 i 4, el diàmetre és 25 mm, per tant, k_b resulta ser 0,87.

Per al factor de tipus d'esforç, com només s'hi aplica torsió a l'eix, se li suposarà un valor de 1, per tant:

$$k_c = 1 \quad \text{Equació A80}$$

Al factor temperatura, igual que al factor de tipus d'esforç, se li suposarà un valor de 1 per tant:

$$k_d = 1 \quad \text{Equació A81}$$

Segons la **Taula A4**, hi ha diferents factors de confiabilitat.

Es desitja que en el 99% dels casos el valor de resistència real sigui superior al del càlcul, per tant s'utilitzarà un factor de confiabilitat del 99%.

Confiabilitat (%)	k_e
50	1,000
90	0,897
95	0,868
99	0,814
99,9	0,753

Taula A 4. Factors de confiabilitat

$$k_e = 0,814$$

Equació A82

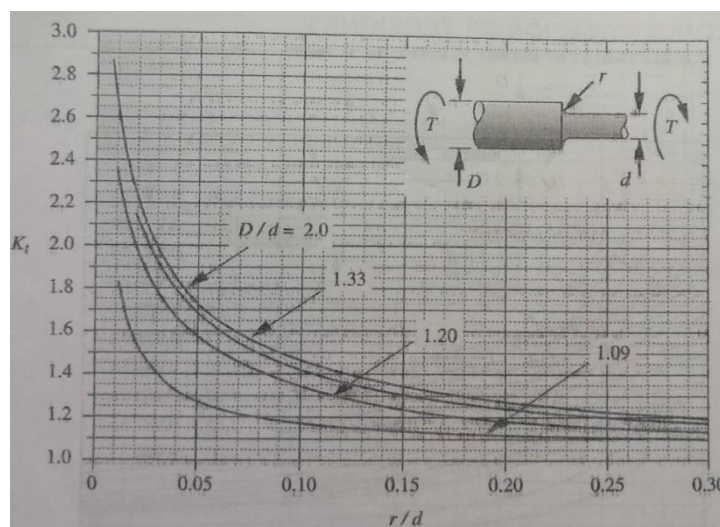
El factor d'entalla, ve donat per la següent expressió:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

Equació A83

Per poder procedir amb el càlcul, cal esbrinar quins valors tenen els factors de concentració de tensions i el factor de sensibilitat d'entalla.

Per conèixer el valor de k_t , s'utilitzen els gràfics de factors de concentració de tensions k_t per a eix sotmès a torsió d'on:

Gràfic A5. Factor de concentracions a les entalles k_t vs r/d per eix sotmès a torsió

Les seccions crítiques amb entalles, són la secció 2 i la 3.

Per la secció 2:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A84}$$

$$D/d = 27/19 = 1,421053 \quad \text{Equació A85}$$

Per la secció 3:

$$r/d = 0,5/25 = 0,02 \quad \text{Equació A86}$$

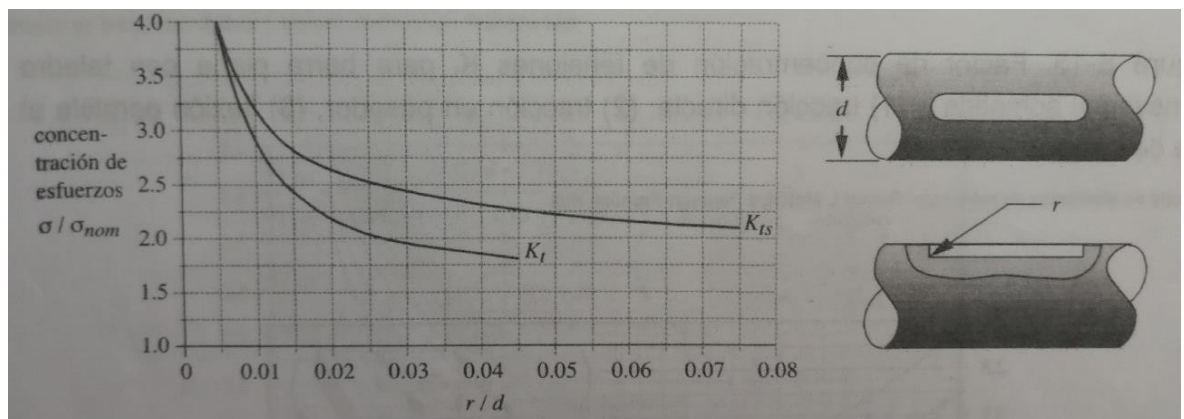
$$D/d = 27/25 = 1,08 \quad \text{Equació A87}$$

Aplicant els resultats al **Gràfic A5** s'obtenen els factors de concentració de tensions per a les seccions 2 i 3 respectivament:

$$k_t = 2,05 \quad \text{Equació A88}$$

$$k_t = 1,55 \quad \text{Equació A89}$$

Per trobar les k_{t-s} de les seccions crítiques 1 i 4, que corresponen a les parts de l'eix amb xaveter, s'utilitza el següent gràfic.



Gràfic A6. Factor de concentracions als xaveters k_{t-s} vs r/d per torsió

Per a la secció 1:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316$$

Equació A90

Per a la secció 4:

$$r/d = 0,5/25 = 0,02$$

Equació A91

Aplicant els resultats al **Gràfic A6** s'obtenen els factors de concentració de tensions per a les seccions 1 i 4 respectivament:

$$k_{t-s} = 2,505$$

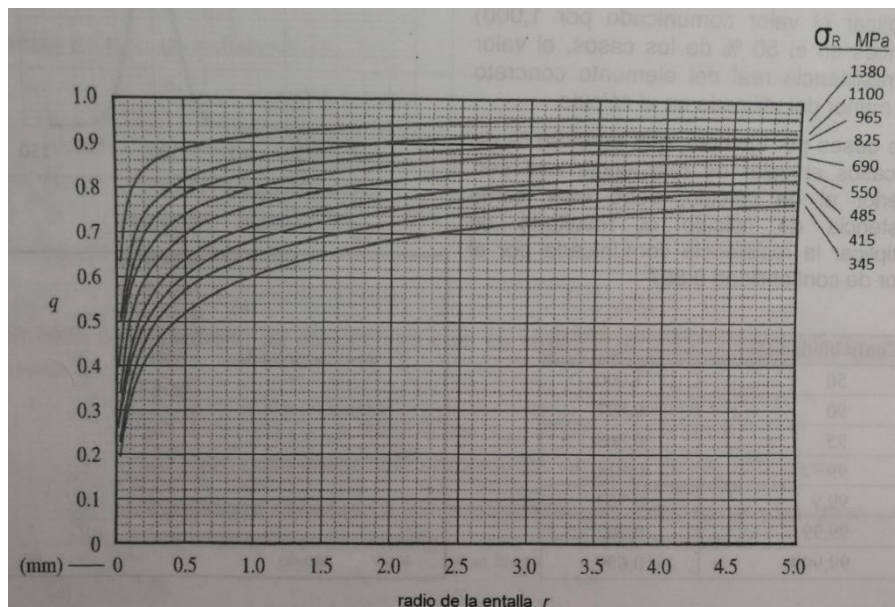
Equació A92

$$k_{t-s} = 2,535$$

Equació A93

Amb els factors de concentració de tensions calculats, es procedeix a calcular el factor de sensibilitat a l'entalla.

El valor de la q s'extreu del **Gràfic A7**:



Gràfic A7. Factor de sensibilitat a l'entalla vs r (mm)

El radi de les entalles és de 0,5 mm, i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, per tant la q és:

$$q = 0,62 \quad \text{Equació A94}$$

Un cop ja es tenen les dades necessàries es poden calcular els factors d'entalles per a cada secció substituint a l' **Equació A83**:

Secció crítica 1:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331 \quad \text{Equació A95}$$

Secció crítica 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,05 - 1) = 1,651 \quad \text{Equació A96}$$

Secció crítica 3:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (1,55 - 1) = 1,341 \quad \text{Equació A97}$$

Secció crítica 4:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,535 - 1) = 1,9331 \quad \text{Equació A98}$$

Finalment es calcula la tensió límit de la proveta associada a una vida N per la següent fórmula:

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R \quad \text{Equació A99}$$

Substituint:

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{ MPa} \quad \text{Equació A100}$$

Amb totes les incògnites de l'**Equació A76** calculades, es pot procedir a substituir-les per trobar la tensió límit de cada secció de l'eix.

En la **Taula A5**, s'han agrupat tots els factors que s'han calculat per cada secció crítica, per tenir-ho tot ordenat i simplificat.

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
1	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5
2	0,9	0,906	1	1	0,814	1,651	257,5
3	0,9	0,87	1	1	0,814	1,341	257,5
4	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9331	257,5

Taula A 5. Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquest valors a l'Equació A76:

- SECCIÓ 1:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 MPa \quad \text{Equació A101}$$

- SECCIÓ 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,651} \right]_N \cdot 257,5 = 103,5020 MPa \quad \text{Equació A102}$$

- SECCIÓ 3:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,341} \right]_N \cdot 257,5 = 122,3868 MPa \quad \text{Equació A103}$$

- SECCIÓ 4:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 84,9003 MPa \quad \text{Equació A104}$$

Per finalitzar els càlculs, es comproven els factors de seguretat de les seccions crítiques estudiades. Si aquests factors són superiors a 2, es donarà com a vàlid l'eix, ja que complirà correctament les sol·licitacions demanades, i es podrà assegurar que l'eix no patirà ni es trencarà durant la seva vida útil.

Per calcular el factor de seguretat de les seccions crítiques de l'eix es calculen els moments flectors i torçors als quals està exposat l'eix.

En aquest cas es tracta únicament de moment torçor ja que el moment flector és zero. L'equació per a calcular el factor de seguretat és:

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f\right)^2 + M_t^2}} \quad \text{Equació A105}$$

Com el moment flector és 0, l'equació és simplifica:

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t} \quad \text{Equació A106}$$

Substituint:

- SECCIÓ 1:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 35,81 \text{ N} \cdot \text{m}} = 3,85 \quad \text{Equació A107}$$

- SECCIÓ 2:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 35,81 \text{ N} \cdot \text{m}} = 3,85 \quad \text{Equació A108}$$

- SECCIÓ 3:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot 35,81 \text{ N} \cdot \text{m}} = 8,78 \quad \text{Equació A109}$$

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot 35,81 \text{ N} \cdot \text{m}} = 8,78 \quad \text{Equació A110}$$

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix, es pot observar que l'eix de l'actuador lineal Z compleix les sol·licitacions requerides.

Les dues seccions més crítiques de l'eix, que serien la 1 i la 2, tenen un factor de seguretat de 3,85, per tant, compliria sense problemes.

Les altres dues seccions crítiques, la 3 i la 4, disposen d'un factor de seguretat de 8,78 el qual també compliria sense problemes.

Finalment, per qüestions de disseny, es realitzarà d'aquesta manera, tot i que l'eix estigui sobredimensionat, ja que les cavitats on ha d'anar l'eix, tant al motor com a la politja de l'actuador lineal ja venen predeterminades.

- *Estudi del disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Y:*

Per fer l'estudi del disseny de l'eix de l'actuador lineal Y, es segueix el mateix criteri que en l'apartat del càlcul de l'eix Z, ja que la disposició de l'eix és la mateixa, i les forces i moments que s'hi apliquen estan distribuïdes de la mateixa forma.

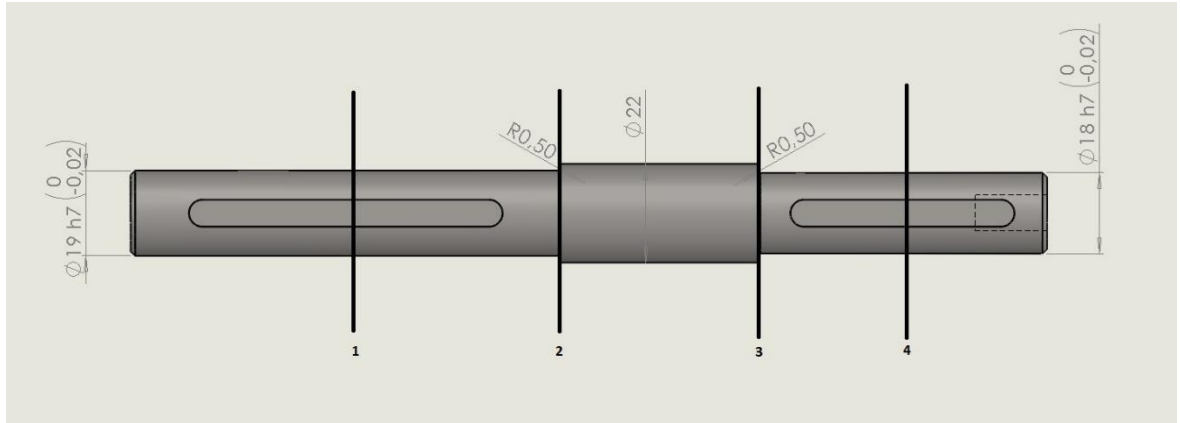
No estaran les explicacions dels procediments que es segueixen ja que són els mateixos als de l'eix Z ja calculat, només en varien les mides i les seccions crítiques de l'eix i el valor de la torsió aplicada del motoreductor. Aquesta diferència és deguda al canvi de mida del reductor, que influeix en la potència transmesa, per tant, la torsió a l'eix és diferent i variaran les sol·licitacions obtingudes.

Amb el motor calculat, i l'actuador lineal on s'ha de transmetre el moviment, es pot fer el disseny de com haurà de ser l'eix per poder adaptar-se a la forma del reductor de mida 45 i a la politja que inclou l'actuador lineal 800.020. La disposició de l'eix és idèntica al de l'actuador Z, però canviaran els diàmetres d'aquest degut a que la cavitat del reductor on ha d'anar l'eix, és menor que en el motoreductor de mida 50.

No aplica cap força externa a l'eix, ja que aquest resta recolzat entre el motor i el capçal de l'actuador lineal. L'única força aplicada en l'eix és el moment torçor que sofreix, degut a la força transmesa pel motor. La torsió aplicada pel reductor a l'eix, per tant, s'haurà de calcular el moment torçor que serà el mateix que el que transmetrà a la politja que farà moure l'actuador lineal.

Del disseny de l'eix, se n'extreu diverses seccions crítiques, per tant, es comprovarà que aquest estigui ben realitzat i compleixi amb les especificacions demanades sense que es trenqui ni es deformi.

Les seccions crítiques de l'eix de l'actuador Y, són les següents:



Il·lustració A 6. Seccions crítiques de l'eix de l'actuador Y

Secció 1: Xaveta.

Secció 2: Entalla.

Secció 3: Entalla.

Secció 4: Xaveta.

Primer de tot, es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest moment torçor serà constant al llarg de tot l'eix:

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{370W \cdot 60}{200rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 17,67N \cdot m \quad \text{Equació A111}$$

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right]_N \cdot \sigma'_N \quad \text{Equació A112}$$

$$k_a = 0,9 \quad \text{Equació A113}$$

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 19 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right] \quad \text{Equació A114}$$

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906 \quad \text{Equació A115}$$

Per tant k_b és 0,906 per a les seccions 1 i 2.

- $X_1 = 15$ mm.
- $X_2 = 20$ mm.
- $X = 18$ mm.
- $Y_1 = 0,93$.
- $Y_2 = 0,90$.
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right] \quad \text{Equació A116}$$

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{18 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,90 - 0,93) \right] = 0,912 \quad \text{Equació A117}$$

Per les seccions 3 i 4 el diàmetre és 18 mm per tant, k_b és 0,912.

$$k_c = 1 \quad \text{Equació A118}$$

$$k_d = 1 \quad \text{Equació A119}$$

$$k_e = 0,814 \quad \text{Equació A120}$$

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) \quad \text{Equació A121}$$

Les seccions crítiques amb entalles. són la secció 2 i la 3.

Per la secció 2:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A122}$$

$$D/d = 27/19 = 1,421053 \quad \text{Equació A123}$$

$$k_t = 2,05 \quad \text{Equació A124}$$

Per la secció 3:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A125}$$

$$D/d = 22/18 = 1,2222 \quad \text{Equació A126}$$

$$k_t = 2 \quad \text{Equació A127}$$

Seccions crítiques 1 i 4 corresponen a les parts de l'eix amb xaveter.

Per a la secció 1:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A128}$$

$$k_{t-s} = 2,505 \quad \text{Equació A129}$$

Per a la secció 4:

$$r/d = 0,5/28 = 0,027778 \quad \text{Equació A130}$$

$$k_{t-s} = 2,495 \quad \text{Equació A131}$$

El radi de les entalles és de 0,5 mm i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa per tant la q és:

$$q = 0,62 \quad \text{Equació A132}$$

Un cop ja es tenen les dades necessàries es poden calcular els factors d'entalles per a cada secció substituint a **Equació A121**:

Secció crítica 1:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331 \quad \text{Equació A133}$$

Secció crítica 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,05 - 1) = 1,651 \quad \text{Equació A134}$$

Secció crítica 3:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2 - 1) = 1,620 \quad \text{Equació A135}$$

Secció crítica 4:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,495 - 1) = 1,9269 \quad \text{Equació A136}$$

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R \quad \text{Equació A137}$$

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{MPa} \quad \text{Equació A138}$$

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
1	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5
2	0,9	0,906	1	1	0,814	1,651	257,5
3	0,9	0,912	1	1	0,814	1,620	257,5
4	0,9	0,912	1	1	0,814	1,9269	257,5

Taula A 6. Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquests valors a l'**Equació A112**:

- SECCIÓ 1:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 MPa$$

Equació A139

- SECCIÓ 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,651} \right]_N \cdot 257,5 = 103,5202 MPa$$

Equació A140

- SECCIÓ 3:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,620} \right]_N \cdot 257,5 = 106,1999 MPa$$

Equació A141

- SECCIÓ 4:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9269} \right]_N \cdot 257,5 = 89,2853 MPa$$

Equació A142

Es comproven els factors de seguretat de les seccions crítiques estudiades. Si aquests factors són superiors a 2, és donarà com a correcte el disseny de l'eix.

Igual que en el cas anterior, es tracta únicament de moment torçor ja que el moment flector és zero.

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f \right)^2 + M_t^2}}$$

Equació A143

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t}$$

Equació A144

- SECCIÓ 1:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,019 m)^3}{32 \cdot 17,67 N \cdot m} = 7,81$$

Equació A145

- SECCIÓ 2:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 7,81$$

Equació A146

- SECCIÓ 3:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,018 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 6,64$$

Equació A147

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,018 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 6,64$$

Equació A148

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix, es pot observar que l'eix de l'actuador lineal Y compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

Les dues seccions més crítiques de l'eix, que són la 3 i la 4, tenen un factor de seguretat de 6,64, per tant complirà perfectament.

Les altres dues seccions crítiques, la 1 i la 2, disposen d'un factor de seguretat de 7,81 el qual també compliria sense problemes.

Finalment, per qüestions de disseny, es realitzarà d'aquesta manera, tot i que l'eix estigui sobredimensionat, ja que les cavitats on ha d'anar l'eix, tant al motor com a la politja de l'actuador lineal, ja venen predeterminades.

- *Estudi del disseny dels eixos motrius de l'actuador lineal X:*

Per fer l'estudi del disseny dels eixos dels actuadors lineals en X, es segueix el mateix criteri que en els apartats anteriors.

No es mostren les explicacions dels procediments que es segueixen, ja que són els mateixos als dels altres eixos ja calculats.

El punt a tindre en compte en el càlcul d'aquests eixos és que al anar units per l'acoblament en l'extrem de cada eix, aquest pes causarà un moment flector als eixos, del qual si es mostraran els procediments realitzats, ja que ni a l'eix Z ni al eix Y s'ha necessitat calcular degut a la absència d'aquest.

Amb el motor calculat i els actuadors lineals on s'ha de transmetre el moviment, es pot fer el disseny de com haurà de ser l'eix per poder adaptar-se a la forma del reductor de mida 45 i a les politges que inclouen els actuadors lineals 800.010.

Les forces que s'apliquen als eixos, són el moment torçor que sofreix degut a la força transmesa pel motor i el moment flector degut al pes de l'acoblament.

Del disseny dels eixos en podem extreure diverses seccions crítiques, per tant, es comprovarà que aquests dissenys estiguin ben realitzats i compleixin amb les especificacions demanades sense que es trenquin ni es deformin.

Primer de tot es calcula la força que causa l'acoblament degut al seu pes. La fórmula és la següent:

$$W = m \cdot g \quad \text{Equació A149}$$

Segons les especificacions donades pel fabricant, el pes de l'acoblament SE75 és de 2,5 kg. Com aquest pes està repartit entre els dos eixos, el pes que suportarà cada un és la meitat del pes total de l'acoblament.

Coneixent la massa de l'acoblament i el valor de la gravetat, es calcula el pes que s'aplica als eixos.

$$W = 2,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 24,525 \text{ N} \quad \text{Equació A150}$$

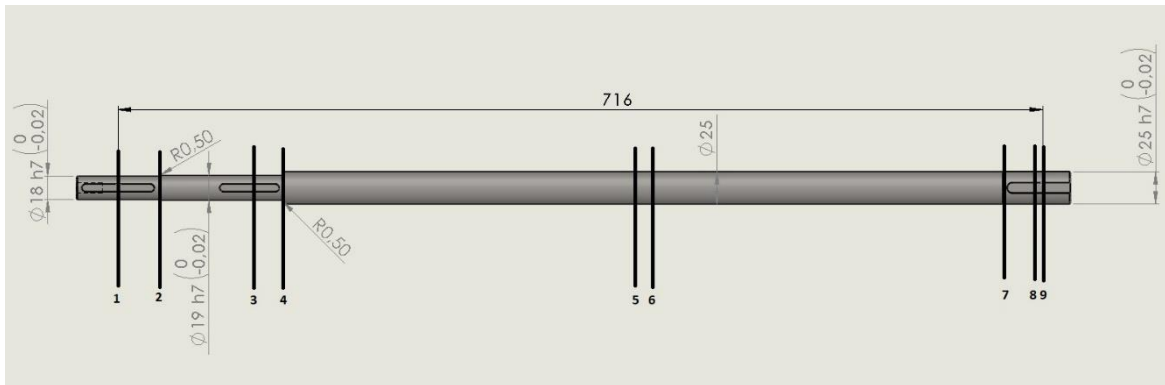
Dividint entre dos el pes s'obté la força aplicada a cada eix degut al pes de l'acoblament:

$$F = \frac{W}{2} = \frac{24,525 \text{ N}}{2} = 12,263 \text{ N} \quad \text{Equació A151}$$

Aquesta força està aplicada a l'extrem de cada eix. Amb aquesta força i la torsió produïda pel reductor es pot procedir a calcular el factor de seguretat dels dos eixos.

Es calcularà primer l'eix unit amb el motor, que s'anomenarà eix X1, i posteriorment, es realitza el mateix procediment per al segon eix, anomenat X2.

Les seccions crítiques de l'eix X1 són les següents:



II·lustració A 7. Seccions crítiques de l'eix X1

Secció 1: Xaveta.

Secció 2: Entalla.

Secció 3: Xaveta.

Secció 4: Entalla.

Secció 5: Volandera elàstica.

Secció 6: Volandera elàstica.

Secció 7: Volandera elàstica.

Secció 8: Xaveta.

Secció 9: Punt de càrrega de F.

Per calcular el moment flector en la secció crítica 9, s'ha de multiplicar la força aplicada per la distància del punt on està subjectat l'eix. Aquesta distància és de 302 mm.

$$M_{f9} = F \cdot d = 12,263N \cdot 0,302m = 3,70N \cdot m$$

Equació A152

Es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest moment torçor serà constant al llarg de tot l'eix:

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{370W \cdot 60}{200rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 17,67N \cdot m$$

Equació A153

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right]_N \cdot \sigma'_N$$

Equació A154

$$k_a = 0,9$$

Equació A155

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 18 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A156

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{18 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,90 - 0,93) \right] = 0,912$$

Equació A157

Per tant k_b és 0,912 per a les seccions 1 i 2.

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 19 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A158

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A159

Per les seccions 3 i 4, el diàmetre és 19 mm, per tant, k_b és 0,906.

Per a les seccions 5, 6, 7, 8 i 9, el diàmetre és 25 mm, per tant, k_b és 0,87.

$$k_c = 1 \quad \text{Equació A160}$$

$$k_d = 1 \quad \text{Equació A161}$$

$$k_e = 0,814 \quad \text{Equació A162}$$

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) \quad \text{Equació A163}$$

Les seccions crítiques amb entalles, són la secció 2 i la 4. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a flexió, ja que el factor és més crític que el factor a torsió.

Per la secció 2:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A164}$$

$$D/d = 19/18 = 1,05556 \quad \text{Equació A165}$$

$$k_t = 2,05 \quad \text{Equació A166}$$

Per la secció 4:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A167}$$

$$D/d = 25/19 = 1,31579 \quad \text{Equació A168}$$

$$k_t = 2,4 \quad \text{Equació A169}$$

Les seccions crítiques 1, 3, 8 i 9, corresponen a les parts de l'eix amb xaveter. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió, ja que el factor és més crític que el factor a flexió.

Per a la secció 1:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A170}$$

$$k_{t-s} = 2,495$$

Equació A171

Per a la secció 3:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316$$

Equació A172

$$k_{t-s} = 2,505$$

Equació A173

Per a la secció 8 i 9:

$$r/d = 0,5/25 = 0,020$$

Equació A174

$$k_{t-s} = 2,535$$

Equació A175

Les seccions crítiques 5, 6 i 7, són degudes a ranures per a volanderes elàstiques. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a flexió ja que el factor és més crític que el factor a torsió.

$$r/d = 0,5/25 = 0,020$$

Equació A176

$$D/d = 25/23,9 = 1,046$$

Equació A177

$$k_t = 2,695$$

Equació A178

El radi de les entalles és de 0,5 mm, i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, per tant la q és:

$$q = 0,62$$

Equació A179

Un cop ja es tenen les dades necessàries es poden calcular els factors d'entalles per a cada secció substituint a l'**Equació A163**:

Secció crítica 1:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,495 - 1) = 1,9269 \quad \text{Equació A180}$$

Secció crítica 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,05 - 1) = 1,651 \quad \text{Equació A181}$$

Secció crítica 3:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331 \quad \text{Equació A182}$$

Secció crítica 4:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,40 - 1) = 1,868 \quad \text{Equació A183}$$

Secció crítica 5, 6 i 7:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,695 - 1) = 2,0509 \quad \text{Equació A184}$$

Secció crítica 8 i 9:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,535 - 1) = 1,9517 \quad \text{Equació A185}$$

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R \quad \text{Equació A186}$$

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{ MPa} \quad \text{Equació A187}$$

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
1	0,9	0,912	1	1	0,814	1,9269	257,5
2	0,9	0,912	1	1	0,814	1,651	257,5
3	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5
4	0,9	0,906	1	1	0,814	1,868	257,5
5	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
6	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
7	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
8	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9517	257,5
9	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9517	257,5

Taula A 7.Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquest valors a l'Equació A154:

- SECCIÓ 1:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9269} \right]_N \cdot 257,5 = 89,2853 MPa$$

Equació A188

- SECCIÓ 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,651} \right]_N \cdot 257,5 = 104,2058 MPa$$

Equació A189

- SECCIÓ 3:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 MPa$$

Equació A190

- SECCIÓ 4:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,868} \right]_N \cdot 257,5 = 91,4946 MPa$$

Equació A191

- SECCIONS 5, 6 i 7:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{2,0509} \right]_N \cdot 257,5 = 80,0238 MPa$$

Equació A192

- SECCIONS 8 i 9:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9517} \right]_N \cdot 257,5 = 84,0912 MPa$$

Equació A193

Pes poder calcular els factors de seguretat de les seccions crítiques, serà necessari calcular el moment flector de cada secció.

Degut a la força que crea l'acoblament, es produeix un moment flector que té el seu màxim a la secció 9, ja calculat, i un moment flector a cada secció crítica fins a arribar a la secció 6, on es troba recolzat l'eix amb el rodament. A la resta de l'eix, el moment flector serà 0.

Les distàncies respecte la secció crítica 6 són:

- d_6 : 0 m.
- d_7 : 0,27185 m.
- d_8 : 0,3010 m.
- d_9 : 0,3020 m.

Es dibuixa el diagrama de moments flexors de l'eix X1:



Il·lustració A 8. Diagrama de moments flectors de l'eix X1

Aplicant trigonometria es calculen els moments flectors per cada secció.

Primer es busca l'angle entre el catet oposat i el continu:

$$\tan \alpha = \frac{c.oposat}{c.continu} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{c.oposat}{c.continu} \right) \quad \text{Equació A194}$$

Substituint a l'equació:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{3,70}{0,3020} \right) = 85,33^\circ \quad \text{Equació A195}$$

Amb les distàncies de cada secció crítica i l'angle obtingut, es calculen els moments flectors de cada secció:

$$M_{f8} = \tan(85,33) \cdot 0,3010 = 3,685 N \cdot m \quad \text{Equació A196}$$

$$M_{f7} = \tan(85,33) \cdot 0,27185 = 3,328 N \cdot m \quad \text{Equació A197}$$

$$M_{f6} = \tan(85,33) \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Equació A198

Es comproven els factors de seguretat de les seccions crítiques estudiades. Si aquests factors són superiors a 2 és donarà com a correcte el disseny de l'eix.

En aquest eix, a diferència dels calculats anteriorment, no només es tracta únicament de moment torçor, també hi ha moment flector a les seccions crítiques 9, 8 i 7.

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f\right)^2 + M_t^2}}$$

Equació A199

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t}$$

Equació A200

- SECCIÓ 1:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,018 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 6,64$$

Equació A201

- SECCIÓ 2:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,018 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 6,64$$

Equació A202

- SECCIÓ 3:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 7,81$$

Equació A203

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 7,81$$

Equació A204

- SECCIÓ 5:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot 17,67 N \cdot m} = 17,80$$

Equació A205

- SECCIÓ 6:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot 17,67 N \cdot m} = 17,80$$

Equació A206

- SECCIÓ 7:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{80,0238 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,328 N \cdot m\right)^2 + (17,67 N \cdot m^2)^2}} = 16,03$$

Equació A207

- SECCIÓ 8:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{84,0912 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,685 N \cdot m\right)^2 + (17,67 N \cdot m^2)^2}} = 15,86$$

Equació A208

- SECCIÓ 9:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{84,0912 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,70 N \cdot m\right)^2 + (17,67 N \cdot m^2)^2}} = 15,85$$

Equació A209

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix, es pot observar que l'eix X1 compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

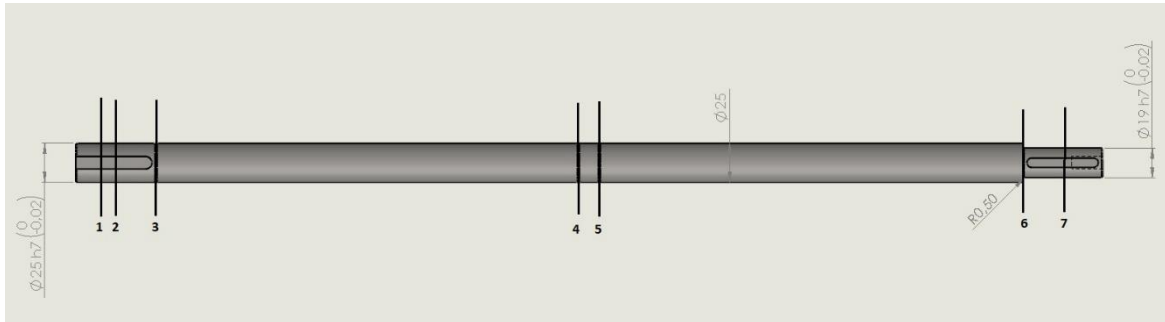
Les dues seccions més crítiques de l'eix, que són la 1 i la 2, tenen un factor de seguretat de 6,64, per tant, compleix sense problemes.

Les altres seccions crítiques oscil·len entre els valors 7,81 i 17,80. Aquests valors ens indiquen que l'eix compleix sense problemes les sol·licitacions requerides.

Finalment, per qüestions de disseny es realitza d'aquesta manera, tot i que l'eix estigui sobredimensionat, ja que les cavitats on ha d'anar l'eix, tant al motor com a la politja de l'actuador lineal, ja venen predeterminades i no hi haurà cap problema en el futur degut a la transmissió de potència d'aquest eix al X2 mitjançant l'acoblament.

Queda calcular els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix X2.

Les seccions crítiques de l'eix X2, són les següents:



II·lustració A 9. Seccions crítiques de l'eix X2

Secció 1: Punt de càrrega de F.

Secció 2: Xaveta.

Secció 3: Volandera elàstica.

Secció 4: Volandera elàstica.

Secció 5: Volandera elàstica.

Secció 6: Entalla.

Secció 7: Xaveta.

Per calcular el moment flector en la secció crítica 7, s'ha de multiplicar la força aplicada per la distància del punt on està subjectat l'eix. Aquesta distància és de 302 mm.

$$M_{f7} = F \cdot d = 12,263N \cdot 0,302m = 3,70N \cdot m$$

Equació A210

Es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest, serà constant al llarg de tot l'eix:

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{370W \cdot 60}{200rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 17,67N \cdot m$$

Equació A211

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right]_N \cdot \sigma'_N$$

Equació A212

$$k_a = 0,9$$

Equació A213

Per a les seccions 1, 2, 3, 4 i 5, el diàmetre és 25 mm, per tant, k_b és 0,87.

- $X_1 = 15$ mm.
- $X_2 = 20$ mm.
- $X = 19$ mm.
- $Y_1 = 0,93$.
- $Y_2 = 0,90$.
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A214

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A215

Per les seccions 6 i 7, el diàmetre és 18 mm per tant, k_b és 0,906.

$$k_c = 1$$

Equació A216

$$k_d = 1$$

Equació A217

$$k_e = 0,814$$

Equació A218

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

Equació A219

La secció crítica amb entalla és la secció 6. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a flexió ja que aquest és més crític que el factor a torsió.

Per la secció 6:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A220}$$

$$D/d = 25/19 = 1,31579 \quad \text{Equació A221}$$

$$k_t = 2,4 \quad \text{Equació A222}$$

Les seccions crítiques 1, 2 i 7, corresponen a les parts de l'eix amb xaveter. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió, ja que aquest és més crític que el factor a flexió.

Per a les seccions 1 i 2:

$$r/d = 0,5/25 = 0,020 \quad \text{Equació A223}$$

$$k_{t-s} = 2,535 \quad \text{Equació A224}$$

Per a la secció 7:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A225}$$

$$k_{t-s} = 2,505 \quad \text{Equació A226}$$

Les seccions crítiques 3, 4 i 5, són degudes a ranures per a volanderes elàstiques. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a flexió, ja que aquest és més crític que el factor a torsió.

$$r/d = 0,5/25 = 0,020 \quad \text{Equació A227}$$

$$D/d = 25/23,9 = 1,046 \quad \text{Equació A228}$$

$$k_t = 2,695 \quad \text{Equació A229}$$

El radi de les entalles és de 0,5 mm, i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, per tant, la q és:

$$q = 0,62$$

Equació A230

Un cop ja es tenen les dades necessàries, es poden calcular els factors d'entalles per a cada secció substituint a l'**Equació A219**:

Seccions crítiques 1 i 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,535 - 1) = 1,9517$$

Equació A231

Seccions crítiques 3, 4 i 5:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,695 - 1) = 2,0509$$

Equació A232

Secció crítica 6:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,4 - 1) = 1,868$$

Equació A233

Secció crítica 7:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331$$

Equació A234

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R$$

Equació A235

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{ MPa}$$

Equació A236

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
1	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9517	257,5
2	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9517	257,5
3	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
4	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
5	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
6	0,9	0,906	1	1	0,814	1,868	257,5
7	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5

Taula A 8. Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquests valors a l'Equació A212:

- SECCIÓ 1 i 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9517} \right]_N \cdot 257,5 = 84,0912 MPa$$

Equació A237

- SECCIÓ 3, 4 i 5:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{2,0509} \right]_N \cdot 257,5 = 80,0238 MPa$$

Equació A238

- SECCIÓ 6:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,868} \right]_N \cdot 257,5 = 91,4946 MPa$$

Equació A239

- SECCIÓ 7:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 MPa$$

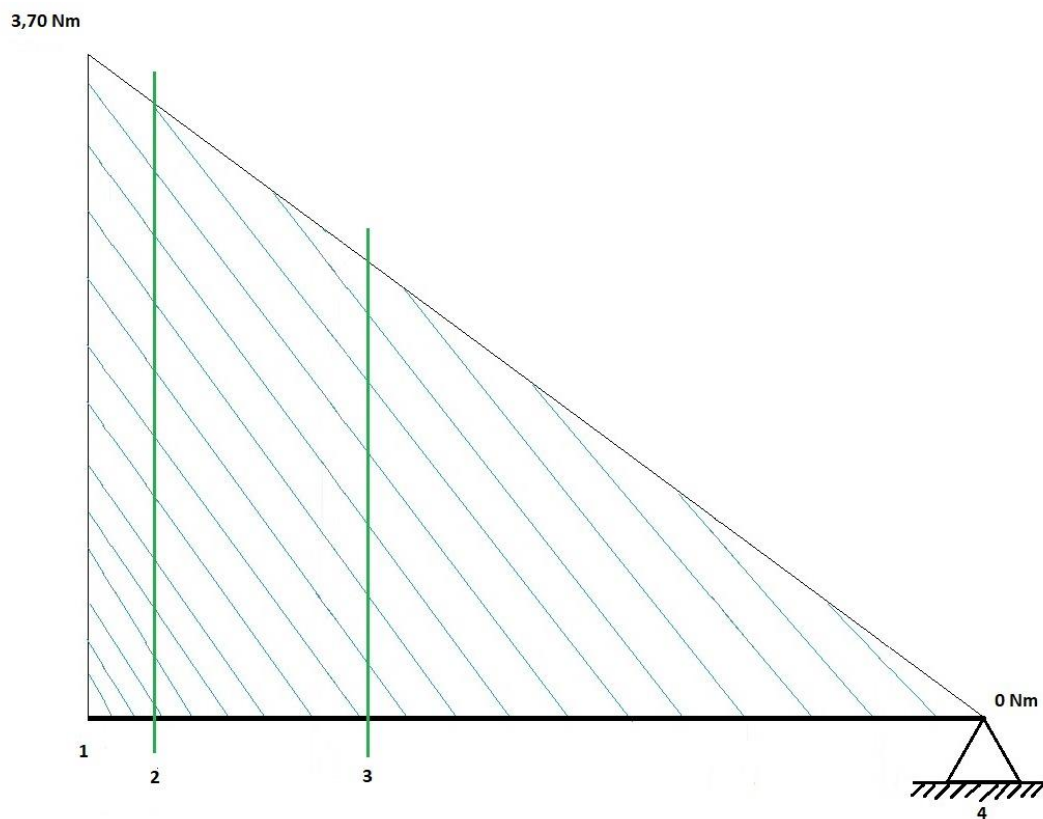
Equació A240

Degut a la força que crea l'acoblament, es produeix un moment flector que té el seu màxim a la secció 1, ja calculat, i un moment flector a les seccions crítiques 2 i 3. A la resta de seccions, el moment flector és 0.

Les distàncies respecte la secció crítica 4 són:

- d_1 : 0,302 m.
- d_2 : 0,30075 m.
- d_3 : 0,27185 m.
- d_4 : 0 m.

Es dibuixa el diagrama de moments flexors de l'eix X2:



Il·lustració A 10. Diagrama de moments flexors de l'eix X2

Aplicant trigonometria es calculen els moments flexors per cada secció.

$$\tan \alpha = \frac{c.oposat}{c.continu} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{c.oposat}{c.continu} \right) \quad \text{Equació A241}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{3,70}{0,302} \right) = 85,34^\circ \quad \text{Equació A242}$$

Amb les distàncies de cada secció crítica i l'angle obtingut, es calculen els moments flectors de cada secció:

$$M_{f2} = \tan(85,34) \cdot 0,30075m = 3,690N \cdot m \quad \text{Equació A243}$$

$$M_{f3} = \tan(85,34) \cdot 0,27185 = 3,335N \cdot m \quad \text{Equació A244}$$

$$M_{f4} = \tan(85,34) \cdot 0m = 0N \cdot m \quad \text{Equació A245}$$

Es comproven els factors de seguretat de les seccions crítiques estudiades. Si aquests factors són superiors a 2, és donarà com a correcte el disseny de l'eix.

En aquest eix, a diferència dels calculats anteriorment, no només es tracta únicament de moment torçor, també hi ha moment flector en les seccions 1, 2 i 3.

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f \right)^2 + M_t^2}} \quad \text{Equació A246}$$

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t} \quad \text{Equació A247}$$

- SECCIÓ1:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{84,0912 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,70N \cdot m \right)^2 + (17,67N \cdot m^2)^2}} = 15,85 \quad \text{Equació A248}$$

- SECCIÓ 2:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{84,0912 \cdot 10^6 \text{ Pa}} \cdot 3,690 \text{ N} \cdot \text{m} \right)^2 + (17,67 \text{ N} \cdot \text{m}^2)^2}} = 15,86 \quad \text{Equació A249}$$

- SECCIÓ 3:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{80,0238 \cdot 10^6 \text{ Pa}} \cdot 3,335 \text{ N} \cdot \text{m} \right)^2 + (17,67 \text{ N} \cdot \text{m}^2)^2}} = 16,02 \quad \text{Equació A250}$$

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 17,80 \quad \text{Equació A251}$$

- SECCIÓ 5:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 17,80 \quad \text{Equació A252}$$

- SECCIÓ 6:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 7,81 \quad \text{Equació A253}$$

- SECCIÓ 7:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 17,67 \text{ N} \cdot \text{m}} = 7,81 \quad \text{Equació A254}$$

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix, es pot observar que l'eix X2 també compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

Les dues seccions més crítiques, que són la 6 i la 7, tenen un factor de seguretat de 7,81, per tant, compleix sense problemes.

Les altres seccions crítiques oscil·len entre els valors 15,85 i 17,80. Aquests valors ens indiquen que l'eix compleix perfectament les sol·licitacions requerides.

Finalment, per qüestions de disseny es realitzarà d'aquesta manera, tot i que aquest estigui sobredimensionat, ja que les cavitats on ha d'anar l'eix, tant al motor com a la politja de l'actuador lineal ja venen predeterminades.

A1.4.2 Eixos pels servomotors

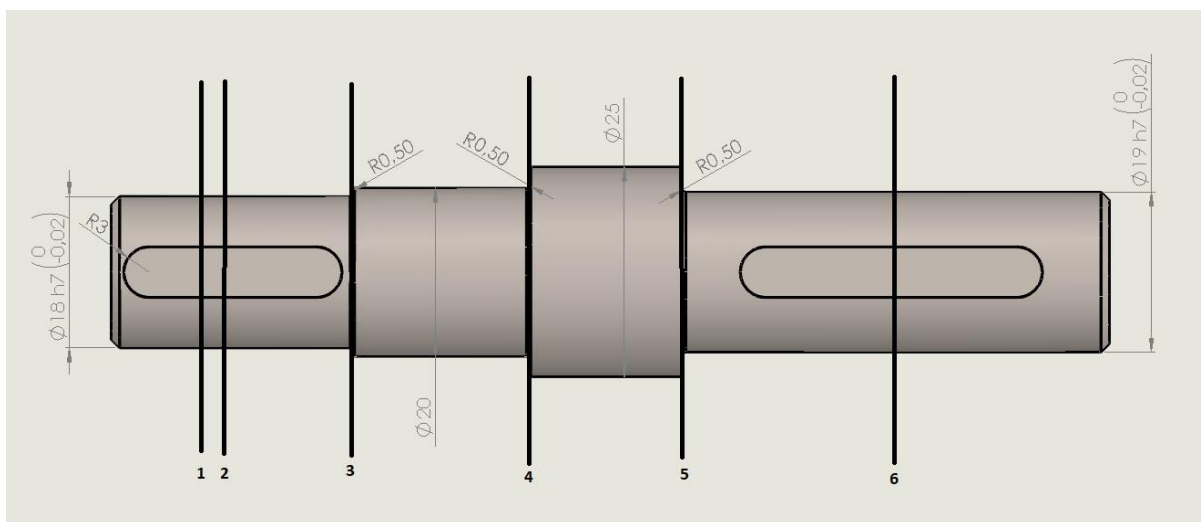
- *Estudi del disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Z:*

Amb el servomotor calculat i l'actuador lineal on s'ha de transmetre el moviment, es pot realitzar el disseny de com haurà de ser l'eix per transmetre el moviment del servomotor a l'actuador lineal 800.010.

En aquest cas, el servomotor, en lloc de tindre un forat buit com els motoreductors anteriors, du un eix de sortida on transmet el moviment per tant s'utilitzarà l'adaptador SR60 per transmetre el moviment del servo a l'eix. Aquest acoblament té una massa de 0,7 kg.

Del disseny de l'eix, se n'extreu diverses seccions crítiques, per tant, es comprova que aquest disseny estigui ben realitzat, i compleixi amb les especificacions demanades sense que es trenqui ni es deformi.

Les seccions crítiques de l'eix de l'actuador Z, són les següents:



Il·lustració A 11. Seccions crítiques de l'eix Z

Secció 1: Punt de càrrega de F.

Secció 2: Xaveta.

Secció 3: Entalla.

Secció 4: Entalla.

Secció 5: Entalla.

Secció 6: Xaveta.

Per calcular el moment flector en la secció crítica 1 (provocat per l'acoblament que uneix l'eix del servomotor amb l'eix motriu de l'actuador), s'ha de multiplicar la força aplicada per la distància del punt on està subjectat l'eix. Aquesta distància és de 58 mm.

$$M_f = F \cdot d = 3,43N \cdot 0,058m = 0,2N \cdot m \quad \text{Equació A255}$$

Aquest moment flector és tant petit que no es tindrà en compte per realitzar els demés càlculs.

Es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest moment torçor serà constant al llarg de tot aquest:

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{850W \cdot 60}{613,5rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 13,23N \cdot m \quad \text{Equació A256}$$

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right]_N \cdot \sigma'_N \quad \text{Equació A257}$$

$$k_a = 0,9 \quad \text{Equació A258}$$

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 18 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A259

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{18 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,912$$

Equació A260

Per les seccions 2 i 3, el diàmetre és 18 mm, per tant k_b és 0,912.

Per la secció 4, el diàmetre és 20 mm, per tant k_b és 0,90

- $X_1 = 15$ mm.
- $X_2 = 20$ mm.
- $X = 19$ mm.
- $Y_1 = 0,93$.
- $Y_2 = 0,90$.
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A261

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A262

- $X_1 = 15$ mm.
- $X_2 = 20$ mm.
- $X = 19$ mm.
- $Y_1 = 0,93$.
- $Y_2 = 0,90$.
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A263

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A264

Per les seccions 5 i 6, el diàmetre és 19 mm, per tant, k_b és 0,906.

Les seccions crítiques amb entalles són les seccions 3, la 4 i la 5. Es selecciona el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió, ja que es menysprea la flexió al ser pràcticament 0.

Per la secció 3:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A265}$$

$$D/d = 20/18 = 1,11111 \quad \text{Equació A266}$$

$$k_t = 1,45 \quad \text{Equació A267}$$

Per la secció 4:

$$r/d = 0,5/20 = 0,025 \quad \text{Equació A268}$$

$$D/d = 25/20 = 1,25 \quad \text{Equació A269}$$

$$k_t = 1,85 \quad \text{Equació A270}$$

Per la secció 5:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A271}$$

$$D/d = 25/19 = 1,31579 \quad \text{Equació A272}$$

$$k_t = 2,05 \quad \text{Equació A273}$$

Seccions crítiques 2 i 6, corresponen a les parts de l'eix amb xaveter. Es selecciona el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió.

Per a la secció 2:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A274}$$

$$k_{t-s} = 2,495 \quad \text{Equació A275}$$

Per a la secció 6:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A276}$$

$$k_{t-s} = 2,505 \quad \text{Equació A277}$$

El radi de les entalles és de 0,5 mm, i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, per tant, la q és:

$$q = 0,62 \quad \text{Equació A278}$$

Un cop ja es tenen les dades necessàries, es pot calcular els factors d'entalles per a cada secció substituint els valors a l'**Equació A219**. Com no es considera la flexió, la secció crítica 1 i la 2 tindran el mateix valor.

Secció crítica 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,495 - 1) = 1,9269 \quad \text{Equació A279}$$

Secció crítica 3:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (1,45 - 1) = 1,279 \quad \text{Equació A280}$$

Secció crítica 4:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (1,85 - 1) = 1,527 \quad \text{Equació A281}$$

Secció crítica 5:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,05 - 1) = 1,651 \quad \text{Equació A282}$$

Secció crítica 6:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331 \quad \text{Equació A283}$$

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R \quad \text{Equació A284}$$

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{MPa} \quad \text{Equació A285}$$

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
2	0,9	0,912	1	1	0,814	1,9269	257,5
3	0,9	0,912	1	1	0,814	1,279	257,5
4	0,9	0,90	1	1	0,814	1,527	257,5
5	0,9	0,906	1	1	0,814	1,651	257,5
6	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5

Taula A 9. Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquests valors a l'Equació A257:

- SECCIÓ 1 i 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9269} \right]_N \cdot 257,5 = 89,2853 \text{MPa} \quad \text{Equació A286}$$

- SECCIÓ 3:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,279} \right]_N \cdot 257,5 = 134,5143 \text{MPa} \quad \text{Equació A287}$$

- SECCIÓ 4:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,90 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,527} \right]_N \cdot 257,5 = 111,1854 MPa$$

Equació A288

- SECCIÓ 5:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,651} \right]_N \cdot 257,5 = 103,5202 MPa$$

Equació A289

- SECCIÓ 6:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 MPa$$

Equació A290

Com el moment flector és pràcticament zero, l'únic esforç que es tindrà en compte és el moment torçor.

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f \right)^2 + M_t^2}}$$

Equació A291

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t}$$

Equació A292

- SECCIONS 1, 2 i 3 :

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,018m)^3}{32 \cdot 13,23 N \cdot m} = 8,87$$

Equació A293

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,020m)^3}{32 \cdot 13,23 N \cdot m} = 12,17$$

Equació A294

- SECCIÓ 5 i 6:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 13,23 \text{ N} \cdot \text{m}} = 10,43$$

Equació A295

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques, es pot observar que l'eix de l'actuador lineal Z compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

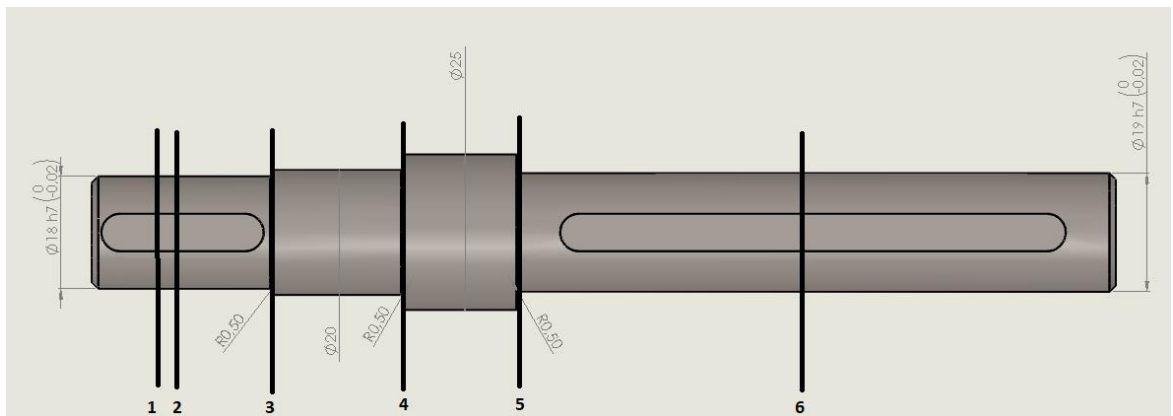
Les seccions més crítiques de l'eix, que són la 1, la 2 i la 3, tenen un factor de seguretat de 8,87, per tant, compleix sense problemes.

- *Estudi del disseny de l'eix motriu de l'actuador lineal Y:*

Com en l'eix Z per servomotor, també s'utilitzarà l'adaptador SR60 per transmetre el moviment del servomotor a l'eix. Aquest acoblament té una massa de 0,7 kg.

Del disseny de l'eix, se n'extreuen diverses seccions crítiques, per tant, es comprova que aquest disseny estigui ben realitzat, i compleixi amb les especificacions demanades sense que es trenqui ni es deformi.

Les seccions crítiques de l'eix de l'actuador Z són les següents:



Il·lustració A 12. Seccions crítiques de l'eix Y

Secció 1: Punt de càrrega de F.

Secció 2: Xaveta.

Secció 3: Entalla.

Secció 4: Entalla.

Secció 5: Entalla.

Secció 6: Xaveta.

Per calcular el moment flector en la secció crítica 1, s'ha de multiplicar la força aplicada per la distància del punt on està subjectat l'eix. Aquesta distància és de 58 mm.

$$M_f = F \cdot d = 3,43N \cdot 0,058m = 0,2N \cdot m \quad \text{Equació A296}$$

Aquest moment flector és tant petit que no es tindrà en compte per realitzar els demés càlculs.

Es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest serà constant:

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{450W \cdot 60}{424rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 10,13N \cdot m \quad \text{Equació A297}$$

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right] \cdot \sigma'_N \quad \text{Equació A298}$$

$$k_a = 0,9 \quad \text{Equació A299}$$

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 18 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right] \quad \text{Equació A300}$$

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{18 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,912 \quad \text{Equació A301}$$

Per les seccions 2 i 3, el diàmetre és 18 mm, per tant, k_b és 0,912.

Per la secció 4 el diàmetre és 20 mm, per tant k_b és 0,90

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 19 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A302

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A303

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 19 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$
- $Y_2 = 0,90.$
- $Y = ?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A304

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19 - 15}{20 - 15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A305

Per les seccions 5 i 6, el diàmetre és 19 mm, per tant, k_b és 0,906.

Les seccions crítiques amb entalles són les seccions 3, la 4 i la 5. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió, ja que es menysprea la flexió al ser pràcticament 0.

Per la secció 3:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778$$

Equació A306

$$D/d = 20/18 = 1,11111$$

Equació A307

$$k_t = 1,45$$

Equació A308

Per la secció 4:

$$r/d = 0,5/20 = 0,025$$

Equació A309

$$D/d = 25/20 = 1,25$$

Equació A310

$$k_t = 1,85$$

Equació A311

Per la secció 5:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316$$

Equació A312

$$D/d = 25/19 = 1,31579$$

Equació A313

$$k_t = 2,05$$

Equació A314

Seccions crítiques 2 i 6, corresponen a les parts de l'eix amb xaveter. Es seleccionarà el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió.

Per a la secció 2:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778$$

Equació A315

$$k_{t-s} = 2,495$$

Equació A316

Per a la secció 6:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316$$

Equació A317

$$k_{t-s} = 2,505$$

Equació A318

El radi de les entalles és de 0,5 mm, i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, per tant, la q és:

$$q = 0,62$$

Equació A319

Un cop ja es tenen les dades necessàries, es poden calcular els factors d'entalles per a cada secció substituint a l'**Equació A219**. Com no es considera la flexió, la secció crítica 1 i la 2 tindran el mateix valor.

Secció crítica 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,495 - 1) = 1,9269$$

Equació A320

Secció crítica 3:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (1,45 - 1) = 1,279$$

Equació A321

Secció crítica 4:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (1,85 - 1) = 1,527$$

Equació A322

Secció crítica 5:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,05 - 1) = 1,651$$

Equació A323

Secció crítica 6:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331$$

Equació A324

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R$$

Equació A325

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{ MPa}$$

Equació A326

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
2	0,9	0,912	1	1	0,814	1,9269	257,5
3	0,9	0,912	1	1	0,814	1,279	257,5
4	0,9	0,90	1	1	0,814	1,527	257,5
5	0,9	0,906	1	1	0,814	1,651	257,5
6	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5

Taula A 10. Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquests valors a l'equació:

- SECCIÓ 1 i 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9269} \right]_N \cdot 257,5 = 89,2853 MPa$$

Equació A327

- SECCIÓ 3:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,279} \right]_N \cdot 257,5 = 134,5143 MPa$$

Equació A328

- SECCIÓ 4:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,90 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,527} \right]_N \cdot 257,5 = 111,1854 MPa$$

Equació A329

- SECCIÓ 5:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,651} \right]_N \cdot 257,5 = 103,5202 MPa$$

Equació A330

- SECCIÓ 6:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 \text{ MPa} \quad \text{Equació A331}$$

Com el moment flector és pràcticament zero, l'únic esforç que es té en compte és el moment torçor.

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f \right)^2 + M_t^2}} \quad \text{Equació A332}$$

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t} \quad \text{Equació A333}$$

- SECCIONS 1, 2 i 3 :

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,018 \text{ m})^3}{32 \cdot 10,13 \text{ N} \cdot \text{m}} = 11,59 \quad \text{Equació A334}$$

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,020 \text{ m})^3}{32 \cdot 13,23 \text{ N} \cdot \text{m}} = 15,89 \quad \text{Equació A335}$$

- SECCIÓ 5 i 6:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 13,23 \text{ N} \cdot \text{m}} = 13,63 \quad \text{Equació A336}$$

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix, es pot observar que, l'eix de l'actuador lineal Y, compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

Les seccions més crítiques de l'eix, que serien la 1, la 2 i la 3, aquestes tenen un factor de seguretat de 11,59, per tant, compleix sense problemes.

- *Estudi del disseny dels eixos motrius de l'actuador lineal X:*

Per fer l'estudi del disseny dels eixos dels actuadors lineals en X, es segueix el mateix criteri que en els apartats anteriors.

No estaran les explicacions dels procediments que es segueixen, ja que són els mateixos als dels altres eixos ja calculats.

Igual que amb els eixos pels motoreductors de cargol sense fi, la potència es transmet amb el mateix acoblament de l'eix X1, a l'eix X2.

$$W = 2,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 24,525 \text{ N}$$

Equació A337

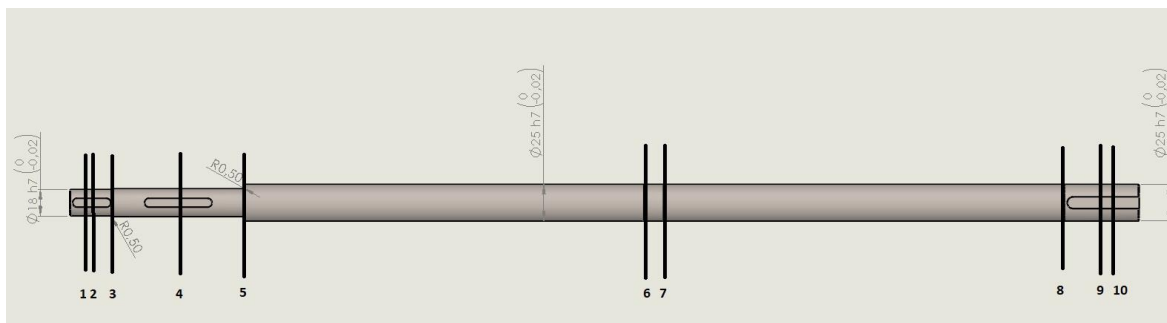
$$F = \frac{W}{2} = \frac{24,525 \text{ N}}{2} = 12,263 \text{ N}$$

Equació A338

A més a més, també du l'acoblament per transmetre el moviment entre l'eix del servomotor a l'eix motriu de l'actuador lineal, igual que els altres eixos dels actuadors Y i Z per servomotors.

Es calcula primer l'eix unit amb el motor, que s'anomena eix X1, i posteriorment es realitza el mateix procediment per al segon eix, anomenat X2.

Les seccions crítiques de l'eix X1, són les següents:



Il·lustració A 13. Seccions crítiques de l'eix X1

Secció 1: Punt de càrrega F_1 .

Secció 2: Xaveta.

Secció 3: Entalla.

Secció 4: Xaveta.

Secció 5: Entalla.

Secció 6: Volandera elàstica.

Secció 7: Volandera elàstica.

Secció 8: Volandera elàstica.

Secció 9: Xaveta.

Secció 10: Punt de càrrega de F.

Per calcular el moment flector en la secció crítica 1, s'ha de multiplicar la força aplicada per la distància del punt on està subjectat l'eix. Aquesta distància és de 58 mm.

$$M_f = F_1 \cdot d = 3,43N \cdot 0,058m = 0,2N \cdot m \quad \text{Equació A339}$$

Aquest moment flector és tant petit que no es tindrà en compte per realitzar els demés càlculs.

Per calcular el moment flector en la secció crítica 10, s'ha de multiplicar la força aplicada per la distància del punt on està subjectat l'eix. Aquesta distància és de 302 mm.

$$M_{f10} = F \cdot d = 12,263N \cdot 0,302m = 3,70N \cdot m \quad \text{Equació A340}$$

Es calcula el moment torçor que aplica el reductor a l'eix, ja que aquest serà constant al llarg de tot l'eix:

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{850W \cdot 60}{636rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 12,76N \cdot m \quad \text{Equació A341}$$

$$\sigma_N = \left[k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \right]_N \cdot \sigma'_N \quad \text{Equació A342}$$

$$k_a = 0,9 \quad \text{Equació A343}$$

- $X_1 = 15 \text{ mm.}$
- $X_2 = 20 \text{ mm.}$
- $X = 18 \text{ mm.}$
- $Y_1 = 0,93.$

- $Y_2=0,90$.
- $Y=?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A344

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{18-15}{20-15} \right) \cdot (0,90 - 0,93) \right] = 0,912$$

Equació A345

Per tant, k_b és 0,912 per a les seccions 1, 2 i 3.

- $X_1= 15$ mm.
- $X_2=20$ mm.
- $X=19$ mm.
- $Y_1=0,93$.
- $Y_2=0,90$.
- $Y=?$

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \cdot (Y_2 - Y_1) \right]$$

Equació A346

$$Y = 0,93 + \left[\left(\frac{19-15}{20-15} \right) \cdot (0,9 - 0,93) \right] = 0,906$$

Equació A347

Per les seccions 4 i 5, el diàmetre és 19 mm, per tant, k_b és 0,906.

Per a les seccions 6, 7, 8, 9 i 10, el diàmetre és 25 mm, per tant, k_b és 0,87.

$$k_c = 1$$

Equació A348

$$k_d = 1$$

Equació A349

$$k_e = 0,814$$

Equació A350

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

Equació A351

Les seccions crítiques amb entalles són la secció 3 i la 5. Es selecciona el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a flexió ja que aquest és més crític que el factor a torsió.

Per la secció 3:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A352}$$

$$D/d = 19/18 = 1,05556 \quad \text{Equació A353}$$

$$k_t = 2,05 \quad \text{Equació A354}$$

Per la secció 5:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A355}$$

$$D/d = 25/19 = 1,31579 \quad \text{Equació A356}$$

$$k_t = 2,4 \quad \text{Equació A357}$$

Seccions crítiques 1, 2, 4, 9 i 10, corresponen a les parts de l'eix amb xaveter. Es selecciona el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a torsió ja que aquest és més crític que el factor a flexió.

Per a la secció 1 i 2:

$$r/d = 0,5/18 = 0,027778 \quad \text{Equació A358}$$

$$k_{t-s} = 2,495 \quad \text{Equació A359}$$

Per a la secció 4:

$$r/d = 0,5/19 = 0,026316 \quad \text{Equació A360}$$

$$k_{t-s} = 2,505 \quad \text{Equació A361}$$

Per a la secció 9 i 10:

$$r/d = 0,5/25 = 0,020 \quad \text{Equació A362}$$

$$k_{t-s} = 2,535 \quad \text{Equació A363}$$

Les seccions crítiques 6, 7 i 8, són degudes a ranures per a volanderes elàstiques. Es selecciona el factor de concentració de tensions per a eix sotmès a flexió, ja que aquest és més crític que el factor a torsió.

$$r/d = 0,5/25 = 0,020 \quad \text{Equació A364}$$

$$D/d = 25/23,9 = 1,046 \quad \text{Equació A365}$$

$$k_t = 2,695 \quad \text{Equació A366}$$

El radi de les entalles és de 0,5 mm, i la tensió de ruptura de l'assaig de tracció és de 515 MPa, per tant:

$$q = 0,62 \quad \text{Equació A367}$$

Es procedeix a calcular els factors d'entalles per a cada secció, substituint a l'**Equació A351**:

Seccions crítiques 1 i 2:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,495 - 1) = 1,9269 \quad \text{Equació A368}$$

Secció crítica 3:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,05 - 1) = 1,651 \quad \text{Equació A369}$$

Secció crítica 4:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_{t-s} - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,505 - 1) = 1,9331 \quad \text{Equació A370}$$

Secció crítica 5:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,40 - 1) = 1,868$$

Equació A371

Seccions crítiques 6, 7 i 8:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,695 - 1) = 2,0509$$

Equació A372

Seccions crítiques 9 i 10:

$$k_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,62 \cdot (2,535 - 1) = 1,9517$$

Equació A373

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot \sigma_R$$

Equació A374

$$\sigma'_N = 0,5 \cdot 515 = 257,5 \text{ MPa}$$

Equació A375

SECCIÓ	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	σ'_N
1 i 2	0,9	0,912	1	1	0,814	1,9269	257,5
3	0,9	0,912	1	1	0,814	1,651	257,5
4	0,9	0,906	1	1	0,814	1,9331	257,5
5	0,9	0,906	1	1	0,814	1,868	257,5
6	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
7	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
8	0,9	0,87	1	1	0,814	2,0509	257,5
9	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9517	257,5
10	0,9	0,87	1	1	0,814	1,9517	257,5

Taula A 11. Factors modificadors del límit a fatiga

Substituint aquest valors a l'Equació A342:

- SECCIÓ 1 i 2:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9269} \right]_N \cdot 257,5 = 89,2853 MPa \quad \text{Equació A376}$$

- SECCIÓ 3:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,651} \right]_N \cdot 257,5 = 104,2058 MPa \quad \text{Equació A377}$$

- SECCIÓ 4:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9331} \right]_N \cdot 257,5 = 88,4134 MPa \quad \text{Equació A378}$$

- SECCIÓ 5:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,906 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,868} \right]_N \cdot 257,5 = 91,4946 MPa \quad \text{Equació A379}$$

- SECCIONS 6, 7 i 8:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{2,0509} \right]_N \cdot 257,5 = 80,0238 MPa \quad \text{Equació A380}$$

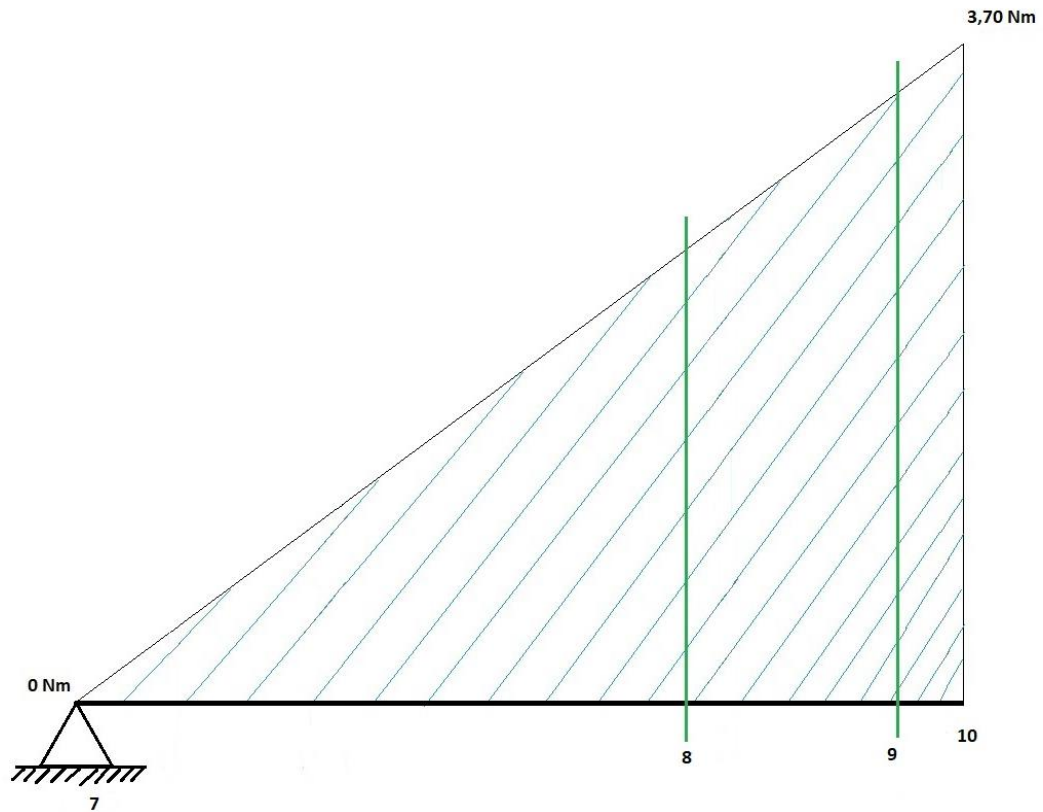
- SECCIONS 9 i 10:

$$\sigma_N = \left[0,9 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot \frac{1}{1,9517} \right]_N \cdot 257,5 = 84,0912 MPa \quad \text{Equació A381}$$

Pes poder calcular els factors de seguretat de les seccions crítiques, és necessari calcular el moment flector de cada secció.

Degut a la força que crea l'acoblament, es produeix un moment flector que té el seu màxim a la secció 10, ja calculat, i un moment flector a cada secció crítica fins a arribar a la secció 7, on es troba recolzat l'eix amb el rodament. A la resta de l'eix el moment flector serà 0.

Es dibuixa el diagrama de moments flectors de l'eix X1:



Il·lustració A 14. Diagrama de moments flectors de l'eix X1

Les distàncies respecte la secció crítica 6 són:

- d_6 : 0 m.
- d_7 : 0,27185 m.
- d_8 : 0,3010 m.
- d_9 : 0,3020 m.

$$\tan \alpha = \frac{c.oposat}{c.continu} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{c.oposat}{c.continu} \right)$$

Equació A382

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{3,70}{0,3020} \right) = 85,33^\circ$$

Equació A383

Amb les distàncies de cada secció crítica i l'angle obtingut, es calculen els moments flectors de cada secció:

$$M_{f9} = \tan(85,33) \cdot 0,3010 = 3,685 N \cdot m \quad \text{Equació A384}$$

$$M_{f8} = \tan(85,33) \cdot 0,27185 = 3,328 N \cdot m \quad \text{Equació A385}$$

$$M_{f7} = \tan(85,33) \cdot 0 = 0 N \cdot m \quad \text{Equació A386}$$

Es comproven els factors de seguretat de les seccions crítiques estudiades. Si aquests factors són superiors a 2, és dona com a correcte el disseny de l'eix.

En aquest eix, no només es tracta únicament de moment torçor, també hi ha moment flector a les seccions crítiques 10, 9 i 8.

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_N} \cdot M_f\right)^2 + M_t^2}} \quad \text{Equació A387}$$

$$FS = \frac{\sigma_f \cdot \pi \cdot d^3}{32 \cdot M_t} \quad \text{Equació A388}$$

- SECCIÓ 1 i 2:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,018 m)^3}{32 \cdot 12,76 N \cdot m} = 9,20 \quad \text{Equació A389}$$

- SECCIÓ 3:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,018 m)^3}{32 \cdot 12,76 N \cdot m} = 9,20 \quad \text{Equació A390}$$

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,019 m)^3}{32 \cdot 12,76 N \cdot m} = 10,82 \quad \text{Equació A391}$$

- SECCIÓ 5:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 12,76 \text{ N} \cdot \text{m}} = 10,82$$

Equació A392

- SECCIÓ 6:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot 12,76 \text{ N} \cdot \text{m}} = 24,64$$

Equació A393

- SECCIÓ 7:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot 12,76 \text{ N} \cdot \text{m}} = 24,64$$

Equació A394

- SECCIÓ 8:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{80,0238 \cdot 10^6 \text{ Pa}} \cdot 3,328 \text{ N} \cdot \text{m} \right)^2 + (12,76 \text{ N} \cdot \text{m}^2)^2}} = 20,49$$

Equació A395

- SECCIÓ 8:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{84,0912 \cdot 10^6 \text{ Pa}} \cdot 3,685 \text{ N} \cdot \text{m} \right)^2 + (12,76 \text{ N} \cdot \text{m}^2)^2}} = 20,15$$

Equació A396

- SECCIÓ 9:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,025 \text{ m})^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{84,0912 \cdot 10^6 \text{ Pa}} \cdot 3,70 \text{ N} \cdot \text{m} \right)^2 + (12,76 \text{ N} \cdot \text{m}^2)^2}} = 20,12$$

Equació A397

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix, es pot observar que l'eix X1 compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

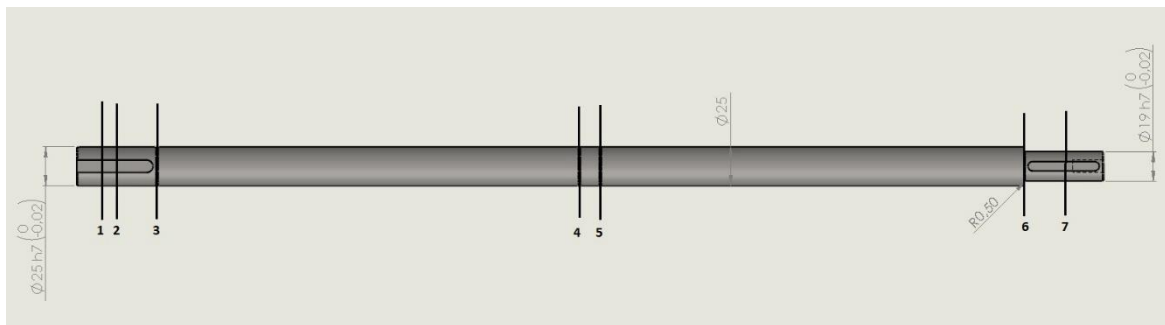
Les dues seccions més crítiques de l'eix, que serien la 1, la 2 i la 3, tenen un factor de seguretat de 9,20, per tant, compleix perfectament.

Les altres seccions crítiques, oscil·len entre els valors 10,82 i 24,64. Aquests valors indiquen que l'eix compleix sense problemes les sol·licitacions requerides.

Finalment, per qüestions de disseny, es realitzarà l'eix d'aquesta manera, tot i que l'eix estigui sobredimensionat, ja que, les cavitats on ha d'anar l'eix, tant al motor com a la politja de l'actuador lineal, ja venen predeterminades i no hi haurà cap problema en el futur, degut a la transmissió de potència d'aquest eix al X2, mitjançant l'acoblament.

Falta per calcular els factors de seguretat de les seccions crítiques de l'eix X2.

Les seccions crítiques de l'eix X2 són les següents:



Il·lustració A 15. Seccions crítiques de l'eix X2

Secció 1: Punt de càrrega de F.

Secció 2: Xaveta.

Secció 3: Volandera elàstica.

Secció 4: Volandera elàstica.

Secció 5: Volandera elàstica.

Secció 6: Entalla.

Secció 7: Xaveta.

Com es pot observar, aquest eix no varia el seu disseny respecte l'eix X2 del model amb motoreductors. L'única diferència serà el moment torçor que se li aplica, és a dir, tots els valors són els mateixos que els calculats anteriorment, només variarà el factor de seguretat.

Es calcula primer de tot el moment torçor que s'aplicarà a l'eix, i posteriorment, es passa directament a calcular els factors de seguretat per l'eix X2.

$$M_t = \frac{P \cdot 60}{\omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{850W \cdot 60}{636rpm \cdot 2 \cdot \pi} = 12,76N \cdot m \quad \text{Equació A398}$$

Es comproven els factors de seguretat de les seccions crítiques estudiades. Si aquests factors són superiors a 2, és donarà com a correcte el disseny de l'eix.

- SECCIÓ 1:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{84,0912 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,70N \cdot m\right)^2 + (12,76N \cdot m^2)^2}} = 20,12 \quad \text{Equació A399}$$

- SECCIÓ 2:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{84,0912 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,690N \cdot m\right)^2 + (12,76N \cdot m^2)^2}} = 20,14 \quad \text{Equació A400}$$

- SECCIÓ 3:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{205 \cdot 10^6 Pa}{80,0238 \cdot 10^6 Pa} \cdot 3,335N \cdot m\right)^2 + (12,76N \cdot m^2)^2}} = 20,48 \quad \text{Equació A401}$$

- SECCIÓ 4:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot 12,76N \cdot m} = 24,64 \quad \text{Equació A402}$$

- SECCIÓ 5:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 Pa \cdot \pi \cdot (0,025m)^3}{32 \cdot 12,76N \cdot m} = 24,64 \quad \text{Equació A403}$$

- SECCIÓ 6:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 12,76 \text{ N} \cdot \text{m}} = 10,82$$

Equació A404

- SECCIÓ 7:

$$FS = \frac{205 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,019 \text{ m})^3}{32 \cdot 12,76 \text{ N} \cdot \text{m}} = 10,82$$

Equació A405

Un cop calculats els factors de seguretat de les seccions crítiques, es pot observar que l'eix X2, també compleix perfectament les sol·licitacions que es requereixen.

Les dues seccions més crítiques de l'eix, que serien la 6 i la 7, tenen un factor de seguretat de 7,81, per tant, compleix sense problemes.

Les altres seccions crítiques, oscil·len entre els valors 20,12 i 24,64. Aquests valors indiquen que l'eix compleix sense problemes les sol·licitacions requerides.

Finalment, per qüestions de disseny, es dissenyarà d'aquesta manera, tot i que l'eix estigui sobredimensionat, ja que les cavitats on ha d'anar aquest, tant al motor com a la politja de l'actuador lineal, ja venen predeterminades.

A1.5. Càlcul de l'actuador rotatiu

Per decidir quin és l'actuador rotatiu adient per al paletitzador, després d'haver investigat sobre els tipus existents, i conèixer els avantatges i inconvenients de cadascun, s'ha decidit utilitzar els de pinyó-cremallera amb doble cremallera, i per poder decidir quin model complirà les sol·licitacions requerides, s'han de realitzar una sèrie de càlculs.

Per recomanació del proveïdor, es decideix utilitzar el model MSQ del fabricant SMC, com s'ha explicat en l'apartat 4.5 de la memòria.

Per poder realitzar els càlculs, i així, seleccionar el model de MSQ que compleix amb les necessitats d'aquest projecte, primerament es necessita saber com anirà muntat, quina és la forma i el valor de la càrrega que haurà de suportar i girar, i com estarà repartida aquesta.

Per posicionar l'actuador, està clar que haurà d'anar col·locat pla, paral·lel amb el terra, i a més, la càrrega radial que haurà de suportar, serà vertical.

El tipus de càrrega, serà una placa rectangular d'espessor 8 no centrada amb l'actuador, degut a l'espai que es té, per tant, la càrrega no estarà repartida equitativament, fet que s'haurà de tindre en compte a l'hora de realitzar els càlculs.

No es té coneixement dels pesos amb els quals s'ha de tractar, per tant, se suposaran uns aproximats per poder realitzar els càlculs.

Els pesos es poden dividir en tres grups:

- El producte a paletitzar: Se suposarà un producte amb el màxim pes que s'ha plantejat que pugui paletitzar el paletitzador 15 kg.
- La placa: S'aproximarà a 4 kg.
- Sistema de subjecció + sensors: 6kg.

Tot suma una massa total de 25 kg, la qual ha de ser capaç de carregar i girar.

Dades que s'utilitzaran per calcular l'actuador rotatiu:

- m: Massa.
- W: Pes.
- g: Gravetat.
- M: Moment admissible.
- Ta: Càrrega d'inèrcia.
- I: Moment d'inèrcia.
- $\dot{\omega}$: Acceleració angular.
- θ : Angle de gir.
- t: Duració del gir.
- P_e : Parell efectiu
- S: Constant.
- P: Pressió de treball.
- a: Llargada d'un costat de la placa.
- b: Llargada d'un costat de la placa.
- d: distància del centre de la càrrega al centre de l'actuador de gir.

Considerant la gravetat $9,81 \text{ m/s}^2$, es calcula el pes de la càrrega.

$$W = m \cdot g = 25 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 245,25 \text{ N}$$

Equació A406

Aquest pes no està al centre de gravetat de l'actuador de gir, el que implicarà que quan l'actuador roti, la càrrega generarà un moment degut al desplaçament del pes que haurà de suportar.

Segons el disseny de la placa, el centre de la càrrega es troba a 62,5 mm del centre de rotació de l'actuador de gir, per tant, el moment que haurà de suportar serà igual a la càrrega màxima multiplicada aquesta distància.

$$M = 245,25N \cdot 0,0625m = 15,3N \cdot m$$

Equació A407

Al catàleg de SMC es troben les taules amb les càrregues i els moments que admet cada actuador.

Tamaño	Carga radial admisible (N)				Momento admisible (N·m)	
	(a)		(b)			
	Básico	Modelo de gran precisión	Básico	Modelo de gran precisión	Básico	Modelo de gran precisión
1	41	41	41	41	0.56	0.84
2	45	45	45	45	0.82	1.2
3	48	48	48	48	1.1	1.6
7	71	71	71	71	1.5	2.2
10	74	74	78	107	2.4	2.9
20	137	137	137	197	4.0	4.8
30	197	197	363	398	5.3	6.4
50	296	296	451	517	9.7	12.0
70	296	—	476	—	12.0	—
100	493		708		18.0	
200	740		1009		25.0	

Taula A 12. Càrregues admissibles pels actuadors MSQ

En verd està marcat el rang dels actuadors que són capaços d'aguantar la càrrega que li exigeix el disseny, per tant, l'actuador que s'ha d'escollir és un d'aquests.

Els de mida 50 i 70 es descarten degut a que no suporten el moment d'inèrcia requerit així que l'actuador serà de mida 100 o de mida 200 ja que si que compleixen tant la càrrega radial com el moment admissible.

Per calcular la càrrega d'inèrcia, s'utilitza la següent fórmula:

$$Ta = I \cdot \dot{\omega}$$

Equació A408

El moment d'inèrcia ve donat per la següent equació:

$$I = m_1 \cdot \frac{4 \cdot a_1^2 + b^2}{12} + m_2 \cdot \frac{4 \cdot a_2^2 + b^2}{12} \quad \text{Equació A409}$$

On les a , són iguals a la distància entre l'extrem de la placa i el centre de rotació d'aquesta. La massa es divideix entre les dues parts, tenint en compte que en la part de la a_1 la càrrega serà major degut a que la massa no està repartida equitativament al llarg de la placa.

Substituint a l'equació n'obtenim el moment d'inèrcia.

$$I = 20kg \cdot \frac{4 \cdot 0,16m^2 + 0,26m^2}{12} + 5kg \cdot \frac{4 \cdot 0,08m^2 + 0,26m^2}{12} = 0,32kg \cdot m^2 \quad \text{Equació A410}$$

Es calcula l'acceleració angular tenint en compte que es vol completar el gir de 90° en un segon, aproximadament.

$$\dot{\omega} = \frac{2 \cdot \theta}{t^2} \quad \text{Equació A411}$$

Es volen girar 90° , s'ha de passar a radians.

$$\frac{90^\circ \cdot \pi}{180} = 1,5708 \text{ rad} \quad \text{Equació A412}$$

Per tant l'acceleració angular serà:

$$\dot{\omega} = \frac{2 \cdot 1,5708 \text{ rad}}{1^2} = 3,14 \text{ rad} / s^2 \quad \text{Equació A413}$$

Amb el moment d'inèrcia i l'acceleració angular calculats, s'obté la càrrega d'inèrcia que haurà de suportar l'actuador.

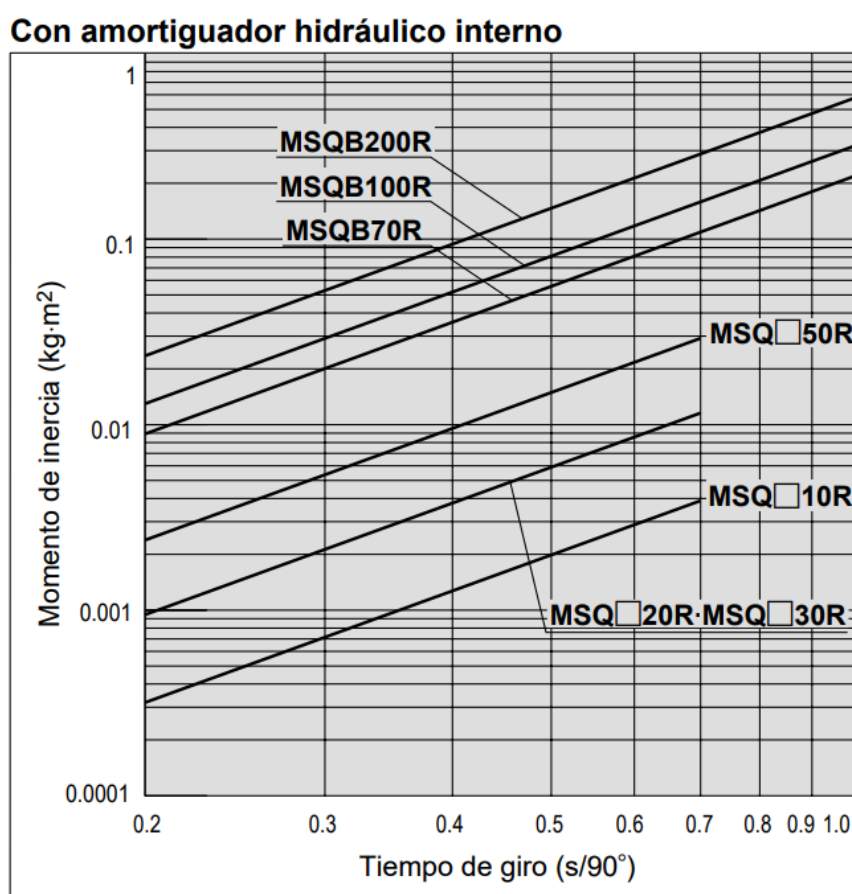
$$Ta = 0,32 \cdot 3,14 \text{ rad} / s^2 = 1,0048 \text{ N} \cdot m \quad \text{Equació A414}$$

Amb aquestes dades ja es pot decidir quin actuador dels dos possibles es seleccionarà.

Per als actuadors MSQ100 i MSQ200, el rang d'ajust de la duració del gir de 90° (per a un funcionament estable, és de 0,2 fins a 2,5 segons), depenent de la mida i de l'amortiment per tant, girar 90° en 1 segon serà possible en els dos casos.

La decisió d'utilitzar un o l'altre, depèn del moment d'inèrcia calculat anteriorment i del temps de gir que s'ha decidit assignar.

Es seleccionarà el model aplicant els valors obtinguts a la següent gràfica:



Gràfic A8. Moment d'inèrcia vs temps de gir

La intersecció de les línies que s'estenen des dels punts corresponents a $0,32\text{kg}\cdot\text{m}^2$ en l'eix vertical i 1 s en l'eix horitzontal, resulta en un punt que queda dins del rang de selecció del actuador MSQB100R, per tant, aquest és l'actuador que s'utilitzarà.

La gràfica també indica que l'actuador ha de comptar amb amortidor hidràulic intern, per evitar efectes adversos i no perdre precisió.

Amb l'actuador de gir definit, es calcula la pressió de treball que es requereix per activar-lo.

Com l'objectiu és fer girar la càrrega, és necessari un ajust en la velocitat. Es deixarà un marge en el parell efectiu de 10 vegades la càrrega d'inèrcia.

$$Pe = S \cdot Ta = 10 \cdot 1,0048 Nm = 10,048 N \cdot m \quad \text{Equació A415}$$

Amb el parell efectiu calculat, s'utilitza la següent taula per trobar la pressió de treball necessària que requerirà l'actuador.

Unidad: N·m

Tamaño	Presión de trabajo (MPa)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	0.017	0.035	0.052	0.070	0.087	0.10	0.12	—	—	—
2	0.035	0.071	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	—	—	—
3	0.058	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.41	—	—	—
7	0.11	0.22	0.33	0.45	0.56	0.67	0.78	—	—	—
10	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.25	1.42	1.60	1.78
20	0.37	0.73	1.10	1.47	1.84	2.20	2.57	2.93	3.29	3.66
30	0.55	1.09	1.64	2.18	2.73	3.19	3.82	4.37	4.91	5.45
50	0.9	1.85	2.78	3.71	4.64	5.57	6.50	7.43	8.35	9.28
70	1.36	2.72	4.07	5.43	6.79	8.15	9.50	10.9	12.2	13.6
100	2.03	4.05	6.08	8.11	10.1	12.2	14.2	16.2	18.2	20.3
200	3.96	7.92	11.9	15.8	19.8	23.8	27.7	31.7	35.6	39.6

Taula A 13. Pressió de treball pels actuadors MSQ

Com es pot observar a la taula, la pressió de treball que complirà amb el parell efectiu que s'ha calculat, és de 0,5 MPa, però es recomanarà utilitzar 0,6 MPa degut a que al donar un valor tant just, es vol evitar el sobre esforç de l'actuador, o que es pugui quedar sense potència degut a algun pic de treball.

Amb l'actuador rotatiu ja escollit s'acaba de dissenyar la placa inferior i es calcula el pes d'aquesta que és de 1,3 kg en lloc dels 4 que s'havien suposat al principi, per tant, es torna a calcular el procediment anterior per assegurar el resultat més acurat possible.

Com el procediment serà el mateix no s'expliquen estan descrites les explicacions dels càlculs.

$$W = m \cdot g = 22,3 kg \cdot 9,81 m / s^2 = 218,76 N \quad \text{Equació A416}$$

$$M = 218,76 N \cdot 0,0625 m = 13,673 N \cdot m \quad \text{Equació A417}$$

Els de mida 50 i 70, es descarten degut a que no suporten el moment d'inèrcia requerit, així que l'actuador serà de mida 100 o de mida 200, ja que si que compleixen, tant la càrrega radial com el moment admissible.

$$Ta = I \cdot \dot{\omega} \quad \text{Equació A418}$$

$$I = m_1 \cdot \frac{4 \cdot a_1^2 + b^2}{12} + m_2 \cdot \frac{4 \cdot a_2^2 + b^2}{12} \quad \text{Equació A419}$$

$$I = 17,84kg \cdot \frac{4 \cdot 0,16m^2 + 0,26m^2}{12} + 4,46kg \cdot \frac{4 \cdot 0,08m^2 + 0,26m^2}{12} = 0,29kg \cdot m^2 \quad \text{Equació A420}$$

$$\dot{\omega} = \frac{2 \cdot \theta}{t^2} \quad \text{Equació A421}$$

$$\frac{90^\circ \cdot \pi}{180} = 1,5708 \text{ rad} \quad \text{Equació A422}$$

$$\dot{\omega} = \frac{2 \cdot 1,5708 \text{ rad}}{1^2} = 3,14 \text{ rad} / s^2 \quad \text{Equació A423}$$

$$Ta = 0,29 \cdot 3,14 \text{ rad} / s^2 = 0,9024 \text{ N} \cdot m \quad \text{Equació A424}$$

La intersecció de les línies que s'estenen des de els punts corresponents a $0,29kg \cdot m^2$ en l'eix vertical, i 1 s en l'eix horitzontal, resulta en un punt que queda dins del rang de selecció del actuador MSQB100R per tant l'actuador no varia respecte els càlculs anteriors.

Amb l'actuador de gir definit, es calcula la pressió de treball que es requereix per activar-lo.

Com l'objectiu és fer girar la càrrega, és necessari un ajust en la velocitat. Es deixarà un marge en el parell efectiu de 10 vegades la càrrega d'inèrcia.

$$Pe = S \cdot Ta = 0,9024Nm = 9,024N \cdot m \quad \text{Equació A425}$$

Com es pot observar a la taula, la pressió de treball que complirà amb el parell efectiu que s'ha calculat és de 0,5 MPa, però es recomanarà novament utilitzar 0,6 MPa per la mateixa raó que s'ha comentat anteriorment.

A1.6. Càlcul del sistema per buit amb ventoses

A l'apartat 4.6 de la memòria, s'ha fet una cerca dels diferents elements que inclouen els sistemes de buit, depenent de les necessitats i l'aplicació que es requereix. A partir d'això, es procedeix a realitzar els càlculs adients per poder seleccionar el millor equip per manipular les caixes, que haurà d'agrupar el paletitzador.

Com s'ha mencionat a la memòria, per dissenyar l'equip del sistema de buit s'utilitzaran, igual que l'actuador rotatiu, els components del fabricant SMC.

Un sistema de buit per ventoses pensat com a mètode per subjectar una peça, comparat amb un sistema de manipulació per pinces mecàniques, presenta un disseny més senzill i menys peces mòbils.

Aquest sistema presenta diverses característiques:

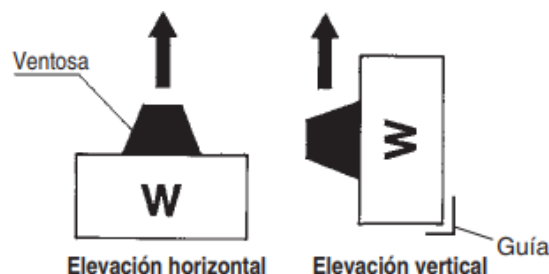
- És possible subjectar peces de qualsevol forma si presenten una superfície d'adsorció.
- No requereixen posicionament precís.
- És compatible amb peces flexibles i deformables.

S'ha de tindre en compte que, si el model es selecciona només basant-se en el pes del producte, existeix la possibilitat de que la peça no es pugui absorbir o caigui, depenent de les condicions de treball.

Per tant, per definir el sistema, primer de tot s'ha de tindre en compte l'equilibrat de la peça a manipular, identificar el punt de succió, el número de ventoses que es necessitaran i el diàmetre de la ventosa aplicable.

Hi ha dos tipus de posició de muntatge per sistema de buit, l'horitzontal i el vertical.

El mètode bàsic de muntatge, el que utilitzarà el paletitzador, és l'horitzontal, tal i com es mostra a la següent imatge.



Il·lustració A 16. Possibles posicions de muntatge del sistema de buit

La força d'elevació teòrica ve determinada per la pressió de buit i per l'àrea de contacte de la ventosa. Aquesta força d'elevació teòrica, és el valor mig en estat estàtic, per tant, el factor de seguretat que correspon a les condicions reals de treball s'ha de determinar durant el funcionament real.

Per altre part, no és necessàriament cert que una major pressió de buit, sigui sempre millor, ja que si aquesta és excessivament elevada pot causar problemes degut a un augment de la fricció de la ventosa podent causar esquerdes reduint la vida útil de la pròpia ventosa.

Duplicar la pressió de buit implica duplicar la força d'elevació teòrica, però, si es duplica el diàmetre de la ventosa, es pot arribar a quadruplicar aquesta força. Un altre punt negatiu d'elevat en excés la pressió de buit és l'augment de consum d'energia que es produeix per generar el buit, a part de l'increment de temps de resposta que comporta.

Per tant, per obtenir una bona estabilitat amb una pressió de buit d'elevació teòrica no massa elevada, s'empraran 4 ventoses repartides equitativament a la placa de suport per poder minimitzar l'energia que es necessita per produir el buit quan la caixa tingui el pes màxim que se li ha suposat, 15 kg.

Dades que s'utilitzaran en els càlculs:

- m : Massa de la caixa.
- g : Gravetat.
- W : Força d'elevació.
- P : Pressió de buit.
- S : Àrea de la ventosa.
- t : Factor de seguretat en elevació.
- n : Número de ventoses.
- \varnothing_v : Diàmetre de la ventosa.
- \varnothing_{it} : Diàmetre interior del tub.
- Q_1 : Caudal mitjà de succió.
- Q_{max} : Caudal màxim de succió.
- V : Capacitat de connexionat.
- T_1 : Temps de resposta d'adsorció.
- Q_L : Volum de la fuga durant l'adsorció de la peça:
- C_L : Conductància entre la peça i la ventosa i l'àrea oberta de la peça.
- L : Longitud del connexionat.
- \varnothing_b : Diàmetre del filtre de l'ejector.

Per realitzar els càlculs, se suposarà un diàmetre interior dels tubs de connexionat de 2,5 mm, una longitud des de l'ejector i la vàlvula de commutació fins a les ventoses d'un metre, i el temps de resposta d'adsorció ha de ser de 0,5 s o inferior.

Primer de tot, es calcula el diàmetre que ha de tindre la ventosa amb la següent fórmula.

$$\phi_v = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{P} \cdot \frac{W}{n} \cdot t \cdot 1000} \quad \text{Equació A426}$$

Quan s'utilitza un ejector, la pressió de buit acostuma a tindre un valor aproximat entre -40 i -60 kPa, per tant, s'agafarà com a referència -50 kPa per decidir el diàmetre mínim de la ventosa.

El factor de seguretat, ha de ser com a mínim 4, al tractar-se d'una elevació horitzontal.

La força d'elevació ve donada per la següent equació sabent que la massa de la caixa que ha d'aixecar serà com a màxim 15 kg.

$$W = m \cdot g = 15 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 147,15 \text{ N} \quad \text{Equació A427}$$

Amb totes aquestes dades, es substitueix a l'equació i es troba el diàmetre total de ventosa necessària.

$$\phi_v = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{-50 \text{ kPa}} \cdot \frac{147,15 \text{ N}}{4} \cdot 4 \cdot 1000} = 61,23 \text{ mm} \quad \text{Equació A428}$$

Per tant, el diàmetre de les ventoses que s'hauran de dissenyar, és de 63 mm.

Amb el diàmetre de les quatre ventoses establerts, es passa a calcular la pressió de buit real a partir de l'Equació A429.

$$W = P \cdot S \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{t} \quad \text{Equació A429}$$

L'àrea de la ventosa segueix la següent equació.

$$S = \pi \cdot \left(\frac{\phi_v}{2} \right)^2 \quad \text{Equació A430}$$

Com hi ha 4 ventoses, la força d'elevació es divideix entre 4. Aïllant de l'Equació A429, i substituint els valors ja coneguts, s'obté la pressió de buit mínima recomanada.

$$P = \frac{W/4 \cdot t}{S \cdot 0,1} = \frac{-147,15N/4 \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{6,3cm}{2}\right)^2 cm^2 \cdot 0,1} = -47,21kPa$$

Equació A431

Amb els resultats obtinguts d'aquests càlculs, es procedeix a seleccionar el model de ventosa de buit. Per fer-ho, s'ha de tindre en compte el tipus de ventosa i el material de la goma. Les dues especificacions dependran del material amb el que es tingui contacte (en aquest cas caixes de cartró), i de les propietats principals que estarà sotmesa.

Hi ha dos tipus de models, com s'ha explicat anteriorment en la memòria, les ventoses planes i les de manxa.

En aquest cas, s'han d'adsorbir caixes de cartró. Les caixes són de superfície plana i no han d'estar deformades, per tant, per poder paletitzar-les correctament, la forma de la ventosa a utilitzar ha de ser plana amb ranura.

Per determinar el material del que han d'estar fabricades les ventoses, és necessari determinar l'adaptabilitat a les condicions de treball, l'efecte després de ser absorbida, la conductivitat elèctrica...

Finalment, per les propietats que aporta, es decideix muntar les ventoses de goma de nitril (NBR) negre. Les principals característiques d'aquest material són, una bona resistència a l'oli, a la abrasió i a l'envelliment, ja que disposa d'una duresa de la goma de A55.

Segons els valors calculats i les especificacions requerides, el model de ventosa que complirà tots els requisits és el ZPT63HN-A16.

Un cop decidida la ventosa, es procedeix a fer els càlculs per seleccionar l'ejector de buit i la vàlvula de commutació de buit.

Per calcular la mida de l'ejector i la vàlvula de commutació de buit, s'aplica l'**Equació A432**.

$$Q_1 = \frac{V \cdot 60}{T_1} + Q_L$$

Equació A432

La capacitat de connexionat, ve donada per l'**Equació A433**.

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot \phi_{it}^2 \cdot L \cdot \frac{1}{1000}$$

Equació A433

Substituint els valors coneguts a l'**Equació A433** s'obté la capacitat de connexionat.

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (2,5\text{mm})^2 \cdot 1\text{m} \cdot \frac{1}{1000} = 0,005\text{ L} \quad \text{Equació A434}$$

Depenent del tipus de peça, quan es produeix l'adsorció d'aquesta, pot entrar aire. Com a resultat, la pressió de buit a la ventosa es redueix, i no s'aconsegueix la quantitat de buit necessari per l'adsorció.

Per evitar que això succeeixi, es necessari seleccionar la mida adequada de l'ejector i de la vàlvula de commutació de buit, tenint en compte la quantitat d'aire que es pot escapar a través de la peça.

Com la peça que sofrirà l'adsorció, és caixa de cartró, el volum de fuga durant aquest procés és d'entre 2,12 i 2,82 L/min(ANR).

Per assegurar el bon funcionament de l'equip de succió, s'utilitzarà el valor màxim de volum de fuga durant l'adsorció.

Amb totes les dades ja conegudes, es substitueix a l'**Equació A432**, per conèixer el valor del caudal mitjà de succió per aconseguir el temps de resposta d'adsorció desitjat.

$$Q_1 = \frac{0,005\text{L} \cdot 60}{0,5\text{s}} + 2,82\text{L} / \text{min(ANR)} = 3,42\text{L} / \text{min(ANR)} \quad \text{Equació A435}$$

Per seleccionar l'ejector, s'ha de calcular el caudal màxim d'adsorció amb la següent fórmula.

$$Q_{\text{max}} = (2a3) \cdot Q_1 \quad \text{Equació A436}$$

Substituint a l'**Equació A436**.

$$Q_{\text{max}} = (2a3) \cdot 3,42\text{L} / \text{min(ANR)} = 6,84 \rightarrow 10,26\text{L} / \text{min(ANR)} \quad \text{Equació A437}$$

Conforme al caudal màxim calculat de succió de l'ejector de buit, es consulta el catàleg d'ejectors de SMC. L'ejector que compleix tots els requeriments és el ZK2A12. El diàmetre del filtre de l'ejector seleccionat és de 1,2mm.

Es confirma el temps de resposta d'adsorció en base a les característiques de l'ejector de buit seleccionat.

El caudal màxim de succió de l'ejector ZK2A12, és de 61 l/min(ANR). Segons la fórmula del caudal mitjà de succió és:

$$Q_1 = (1/2a1/3) \cdot Q_{\max} \quad \text{Equació A438}$$

Substituint valors a l'**Equació A438**.

$$Q_1 = (1/2a1/3) \cdot 61L/\min(ANR) = 30,5 \rightarrow 20,33L/\min(ANR) \quad \text{Equació A439}$$

Com el valor del volum de la fuga és més petit que el valor del caudal màxim, el temps de resposta d'adsorció real ve donat per l'equació següent.

$$T = \frac{V \cdot 60}{Q_L} = \frac{0,005L \cdot 60}{2,82L/\min(ANR)} = 0,11s \quad \text{Equació A440}$$

El temps és inferior al mínim que s'havia imposat des del principi, 0,5 segons per tant, aquest ejector compleix perfectament totes les especificacions requerides.

Una de les premisses més importants que s'havien de complir en aquest projecte, és la de proporcionar versatilitat al paletitzador i així poder agrupar diferents tipus de caixes; grans, com la que s'ha calculat, o petites, depenent del client. Aquest fet provoca que la mateixa disposició de ventoses no sempre resultarà efectiva. Per poder solucionar aquest problema i evitar la pèrdua de pressió a les ventoses en les que no hi ha superfície de caixa, s'instal·laran vàlvules de retenció de buit amb referència ZP2V-AG1-10.

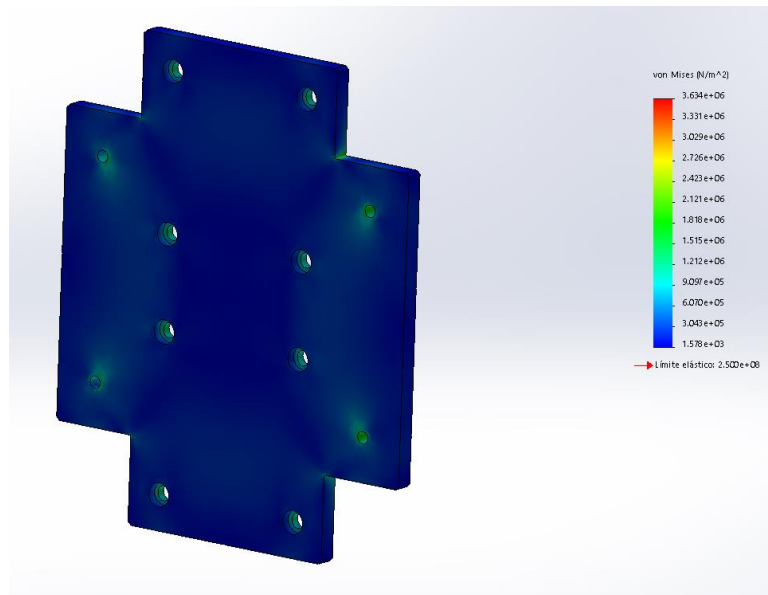
A2. Validació del disseny

Amb el programa de disseny de CAD SolidWorks, es realitza l'estudi de les peces crítiques per comprovar si aquestes han estat dissenyades correctament i si compleixen amb les sol·licitacions demanades.

En el cas de que no haguessin estat ben dissenyades, es podria fer un redisseny canviant la forma de les peces amb unes noves dimensions adequades o canviant el material del qual s'ha de fabricar, per a que compleixin els esforços requerits.

A2.1. Validació platines d'unió entre actuadors Y i Z

- *Platina d'unió entre actuator Z i l'altre platina:*

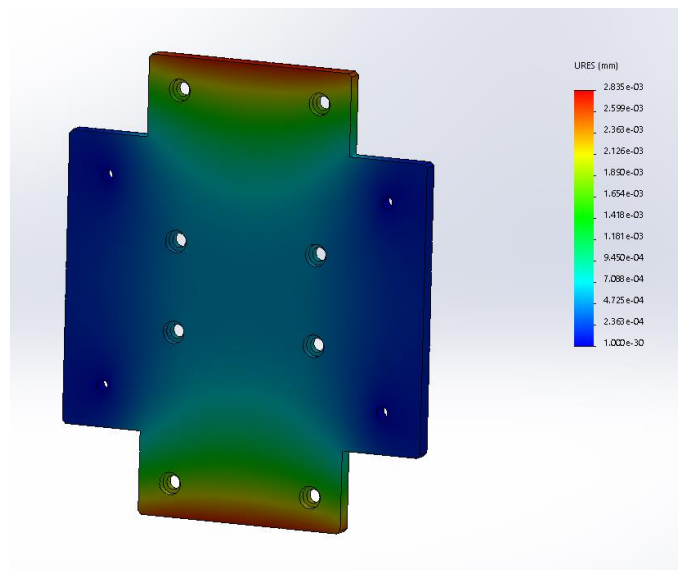


Il·lustració A 17. Tensions de Von Mises per a la platina d'unió 1

En la simulació es pot observar com la platina resistirà sense problemes les sol·licitacions demanades ja que el límit elàstic de l'alumini 5754, és de $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ i la màxima tensió que s'aplicarà a la peça, és de $3,634 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Aquest estudi realitzat en *Solidworks* reforça els càlculs previs realitzats i els dona com a vàlids.

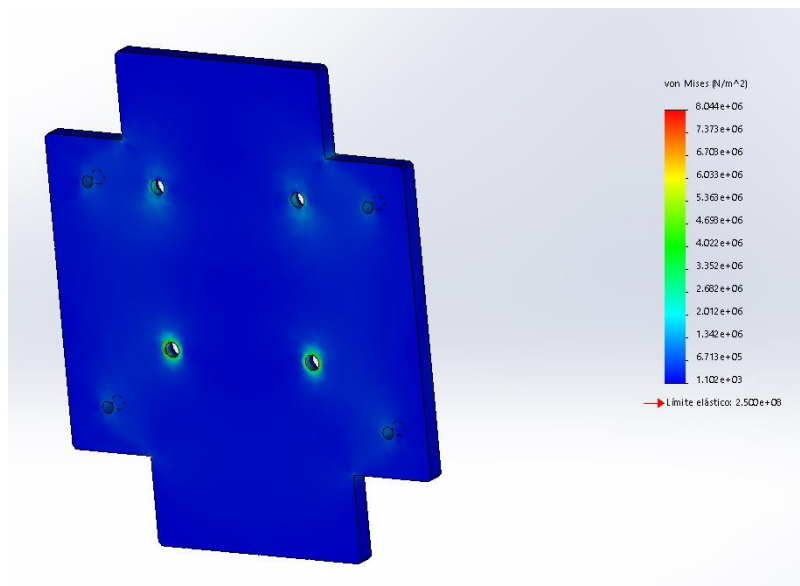
També s'ha realitzat la simulació de desplaçaments per observar el comportament que tindrà la platina.



Il·lustració A 18. Desplaçaments per a la platina d'unió 1

De la simulació s'extreu que la peça no es deforma pràcticament; el valor resultant de la deformació màxima calculada pel programa és de 2,835 μm , per tant, no tindrà cap influència.

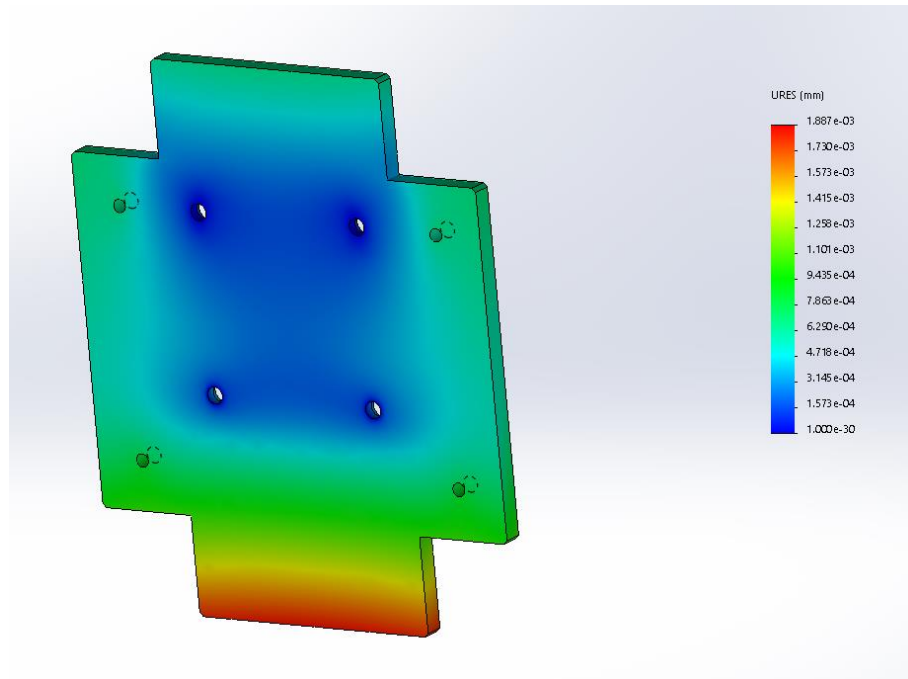
- *Platina d'unió entre actuador l'altre platina i l'actuador Y:*



Il·lustració A 19. Tensions de Von Misses per a la platina d'unió 2

Aquesta platina d'unió també compleix perfectament els esforços demanats, ja que la màxima tensió que se li aplica és de $8,044 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, mentre que el límit elàstic de l'alumini 5754 és de $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

La simulació de desplaçaments ha donat el següent resultat:

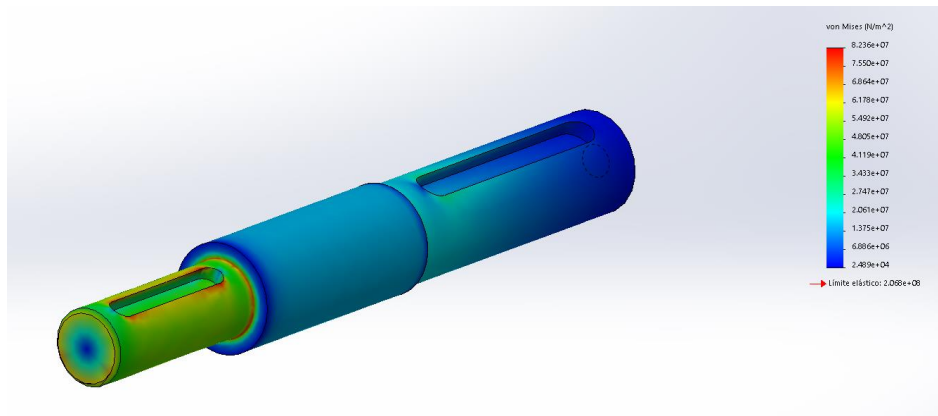


Il·lustració A 20. Desplaçaments per a la platina d'unió 2

Igual que en l'altre platina d'unió, els desplaçaments que sofrirà aquesta són pràcticament nuls, doncs el valor màxim calculat pel programa és de 1,887 μm , per tant, tampoc suposa un problema.

A2.2. Validació dels eixos dels motoreductors

- *Eix de l'actuador Z:*

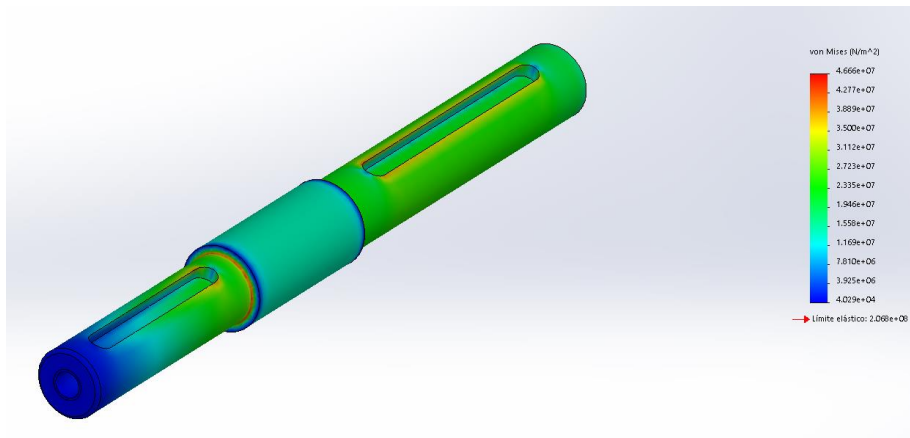


Il·lustració A 21. Tensions de Von Misses per l'eix de l'actuador Z

La localització de la secció més crítica de l'eix, tal i com s'havia calculat, és l'entalla d'on hi ha el canvi de diàmetre més gran, per tant, es confirma que els càlculs realitzats anteriorment eren correctes.

L'eix, tal i com s'observa a la figura de la simulació, compleix correctament, ja que no hi ha cap part on hi hagi un esforç que superi el límit elàstic del material.

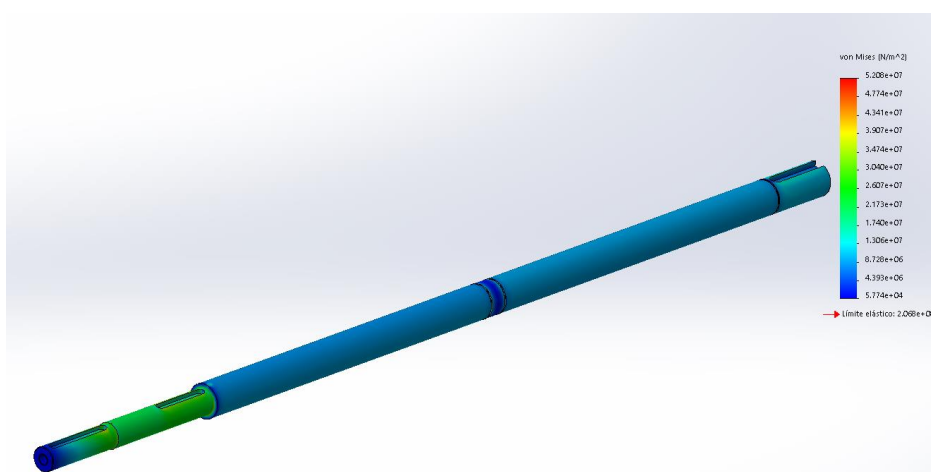
- *Eix de l'actuador Y:*



Il·lustració A 22. Tensions de Von Mises per l'eix de l'actuador Y

Després de simular l'eix de l'actuador Y s'observa que, tal i com succeeix en l'eix Z, les seccions crítiques coincideixen amb els calculades. L'eix compleix perfectament ja que el límit elàstic està per sobre de les tensions aplicades a l'eix.

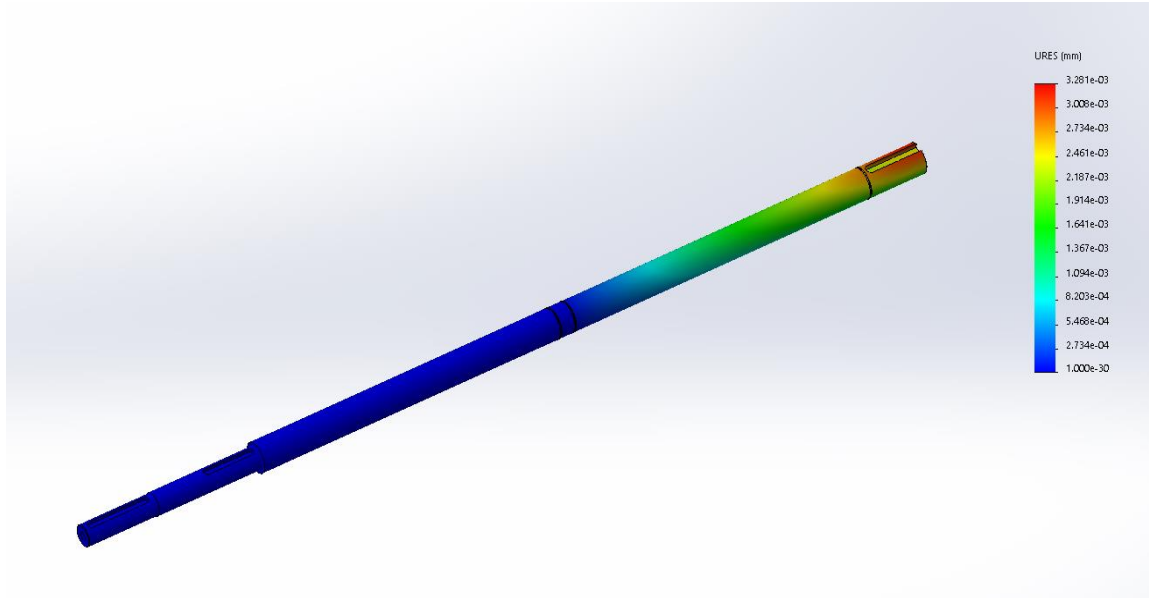
- *Eixos de l'actuador X:*



Il·lustració A 23. Tensions de Von Mises per l'eix X1 de l'actuador X

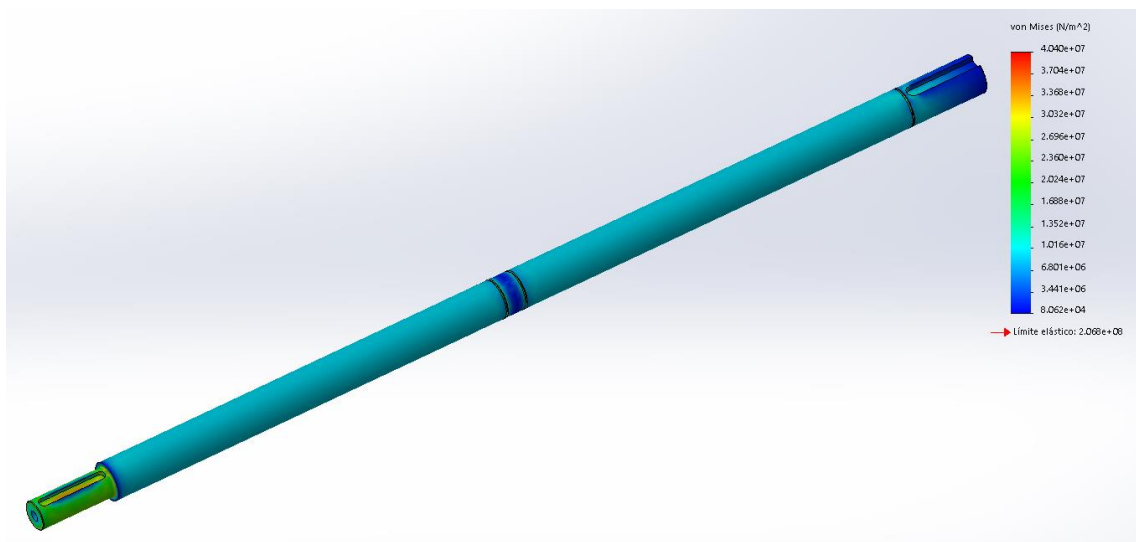
L'eix X1 també compleix amb les tensions requerides segons la simulació feta amb *Solidworks*.

Igual que els altres eixos, la simulació mostra que les seccions crítiques coincideixen amb les calculades anteriorment, quedant lluny encara del límit elàstic.



Il·lustració A 24. Desplaçaments per l'eix X1 de l'actuador X

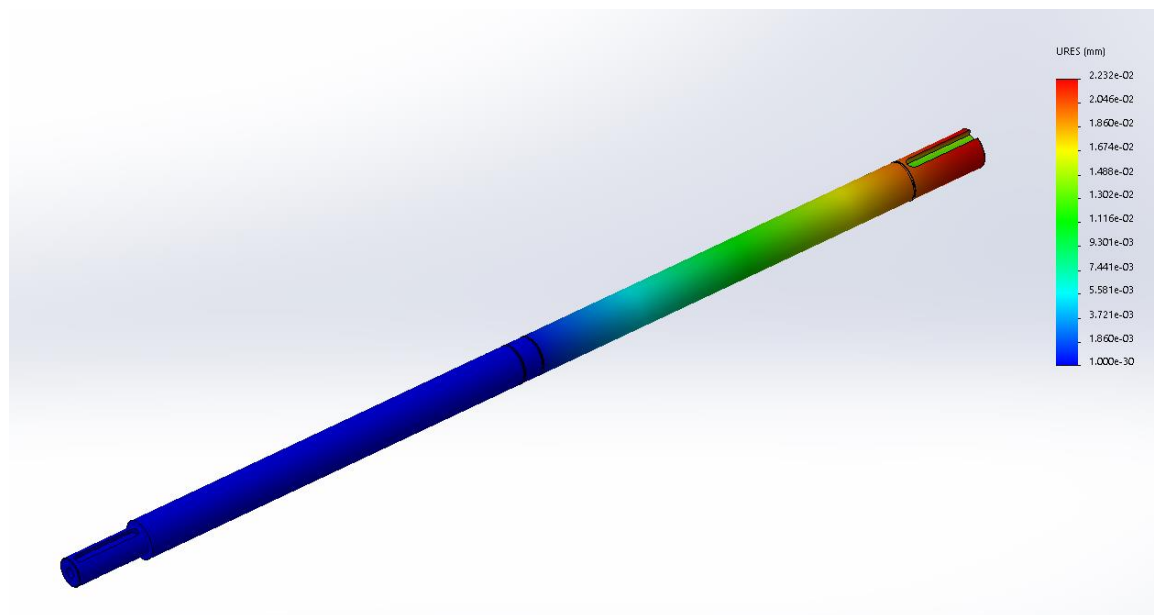
El màxim desplaçament que sofrirà l'eix X1, segons la simulació de desplaçaments és de 3,281 μm , per tant, es pot considerar nul, ja que no influirà negativament en el funcionament del paletitzador.



Il·lustració A 25. Tensions de Von Misses per l'eix X2 de l'actuador X

La simulació de l'eix X2 de l'actuador lineal X, coincideix amb els càlculs de les seccions crítiques que s'ha realitzat. Les dues seccions que sofreixen més són, l'entalla més gran i el xaveter que mourà la politja de l'actuador lineal.

Per tant, també compleix, ja que el límit elàstic està per sobre dels valors resultants de les tensions aplicades a l'eix.



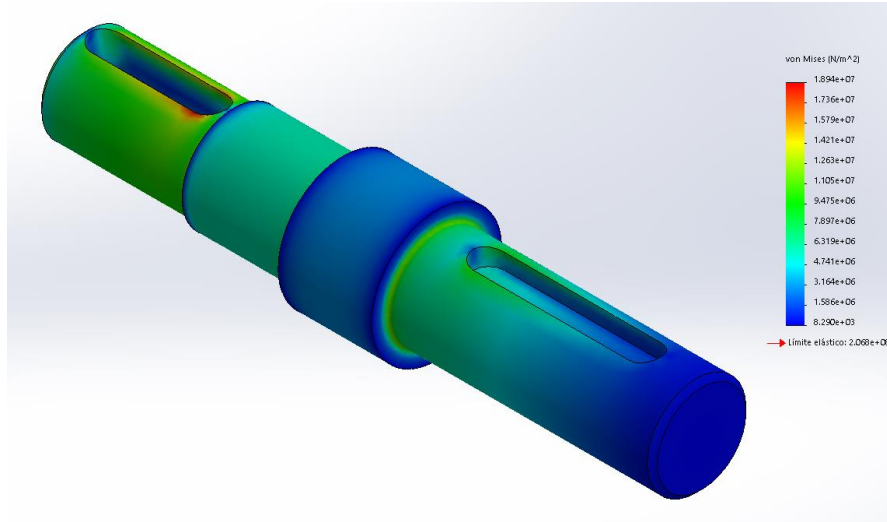
Il·lustració A 26. Desplaçaments per l'eix X2 de l'actuador X

El màxim desplaçament que sofrirà l'eix X2, segons al simulació de desplaçaments és de 22,32 μm , per tant, es pot considerar nul, ja que no influirà negativament en el funcionament del paletitzador.

Finalment, després d'haver realitzat i comprovat les simulacions amb *Solidworks*, s'observa en totes les simulacions que, els eixos que transmeten la potència generada pels motoreductors als actuadors lineals, estan correctament dissenyats i no és necessari implementar cap modificació. A més a més, es reafirma que els càlculs que s'han dut a terme en l'apartat **A1.4.1**. són correctes.

A2.3. Validació dels eixos dels servomotors

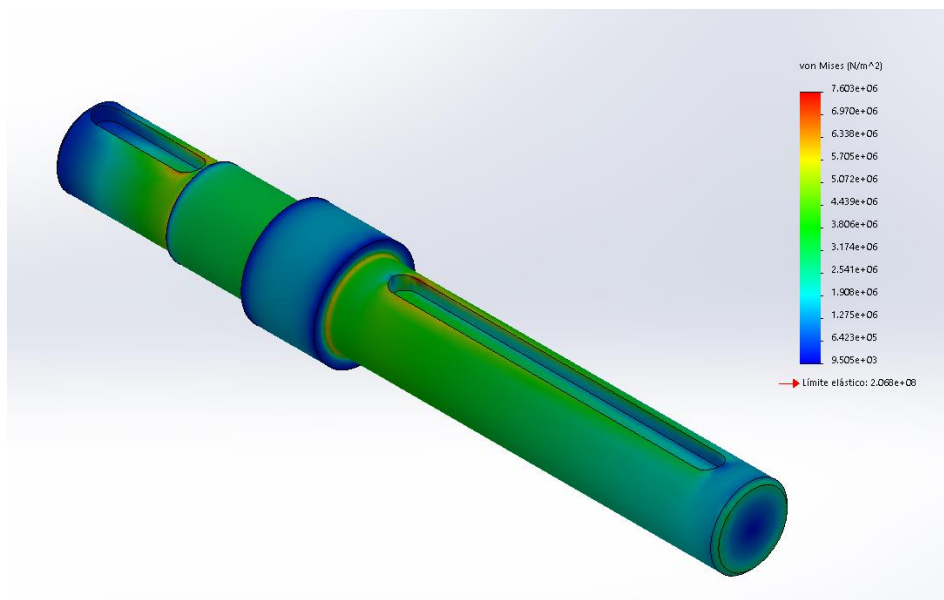
- *Eix de l'actuador Z:*



Il·lustració A 27. Tensions de Von Misses per l'eix de l'actuador Z

A la simulació es pot observar que l'eix, complirà perfectament les sol·licitacions que se li requereixen, ja que el límit elàstic queda bastant per sobre de la màxima tensió que s'aplica en aquest.

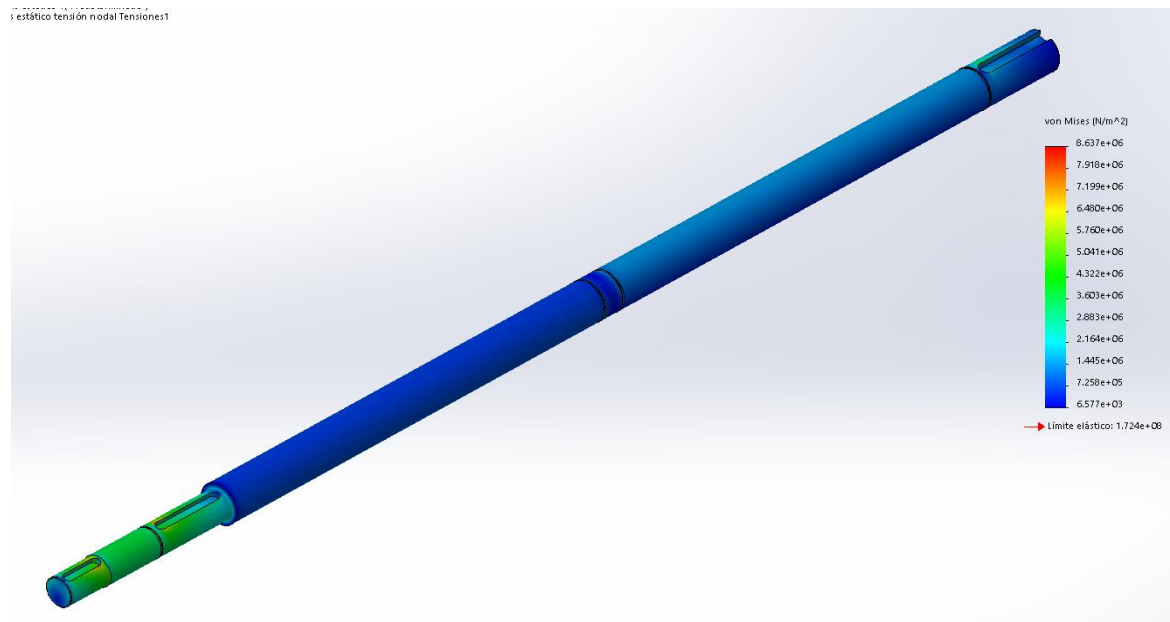
- *Eix de l'actuador Y:*



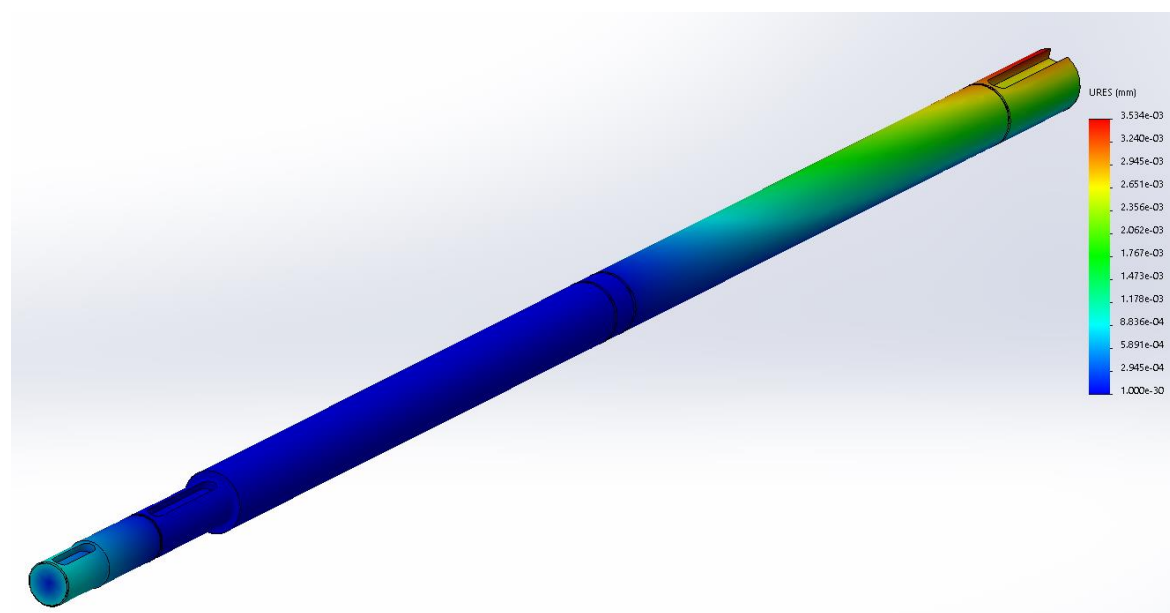
Il·lustració A 28. Tensions de Von Misses per l'eix de l'actuador Y

L'eix de l'actuador Y treballarà sense problemes, degut a que suporta els esforços perfectament. El seu límit elàstic és de $2,068 \times 10^8 \text{ N}^*/\text{m}^2$, i segons la simulació, la tensió màxima aplicada a l'eix serà de $7,603 \times 10^6 \text{ N}^*/\text{m}^2$.

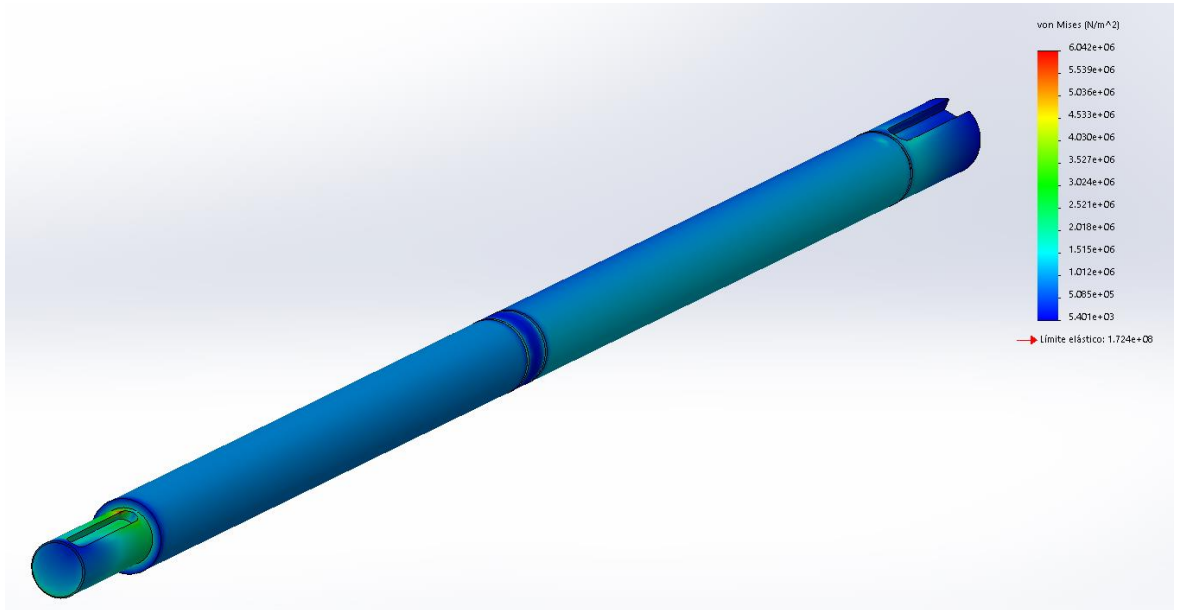
- *Eixos de l'actuador X:*



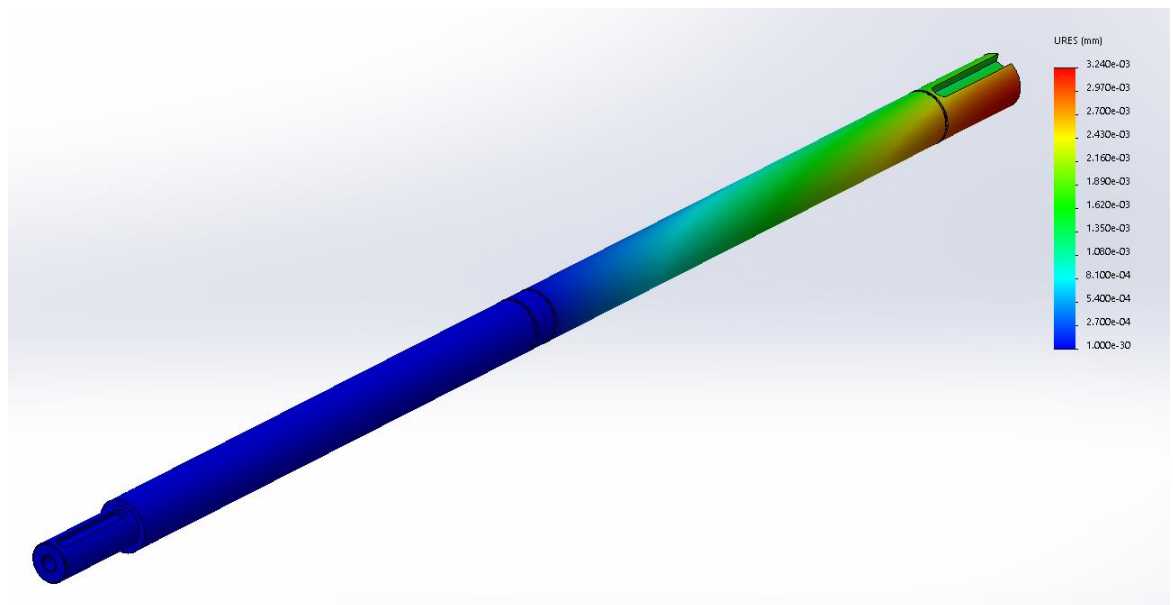
Il·lustració A 29. Tensions de Von Misses per l'eix X1 de l'actuador X



Il·lustració A 30. Desplaçaments per l'eix X1 de l'actuador X



Il·lustració A 31. Tensions de Von Misses per l'eix X2 de l'actuador X



Il·lustració A 32. Desplaçaments per l'eix X2 de l'actuador X

Es pot observar a les simulacions dels eixos dels actuadors X, que estan correctament dissenyats.

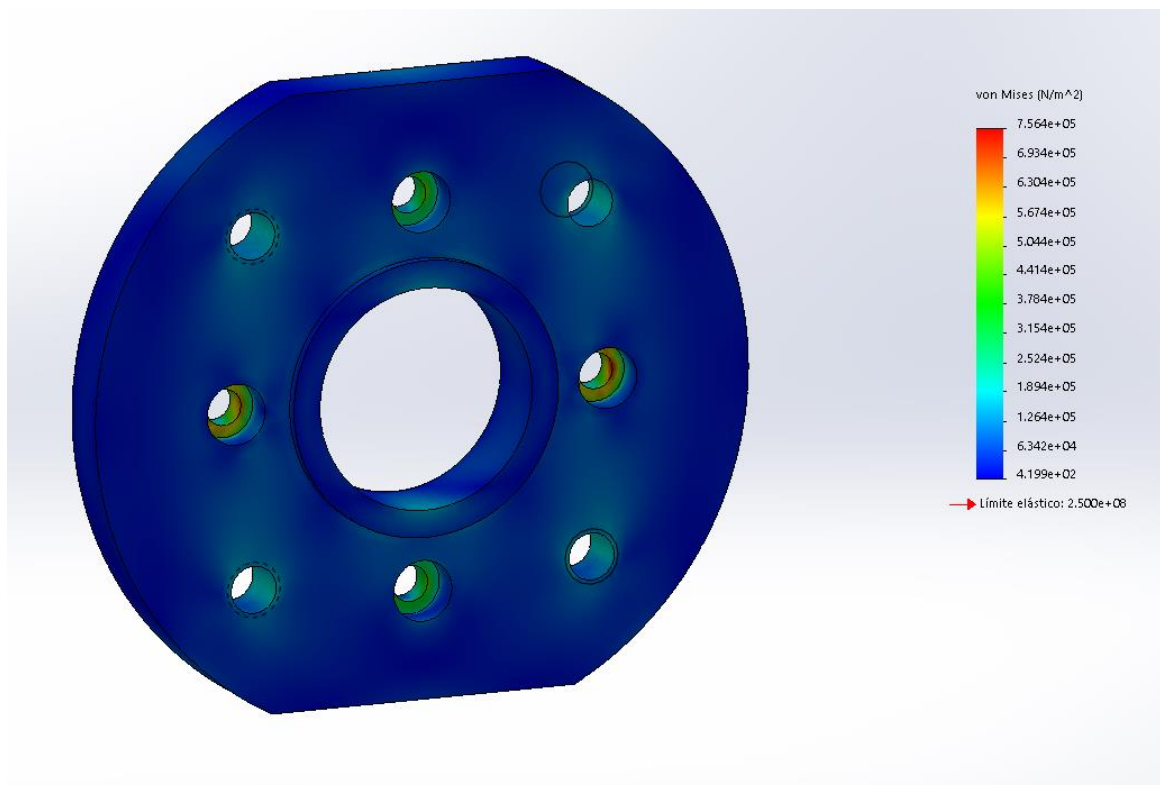
La tensió màxima que se li aplica als eixos, és molt més petita que el seu límit elàstic, i els desplaçaments màxims deguts a aquestes tensions són de 3,534 μm per l'eix X1, i de 3,24 μm per l'eix X2. Aquests desplaçaments són pràcticament 0, per tant, no influiran en el funcionament del paletitzador.

Aquestes simulacions han servit per reafirmar els càlculs que s'han fet anteriorment i per assegurar el bon treball dels eixos i, així comprovar que compleixen totes les sol·licitacions demanades.

Finalment, després d'haver realitzat i comprovat les simulacions amb *Solidworks*, s'observa en totes les simulacions que, els eixos que transmeten la potència generada pels servomotors als actuadors lineals, estan correctament dissenyats i no és necessari implementar cap modificació. A més a més, es reafirma que els càlculs que s'han dut a terme en l'apartat **A1.4.2.** són correctes.

A2.4. Validació dels adaptadors pels motoreductors

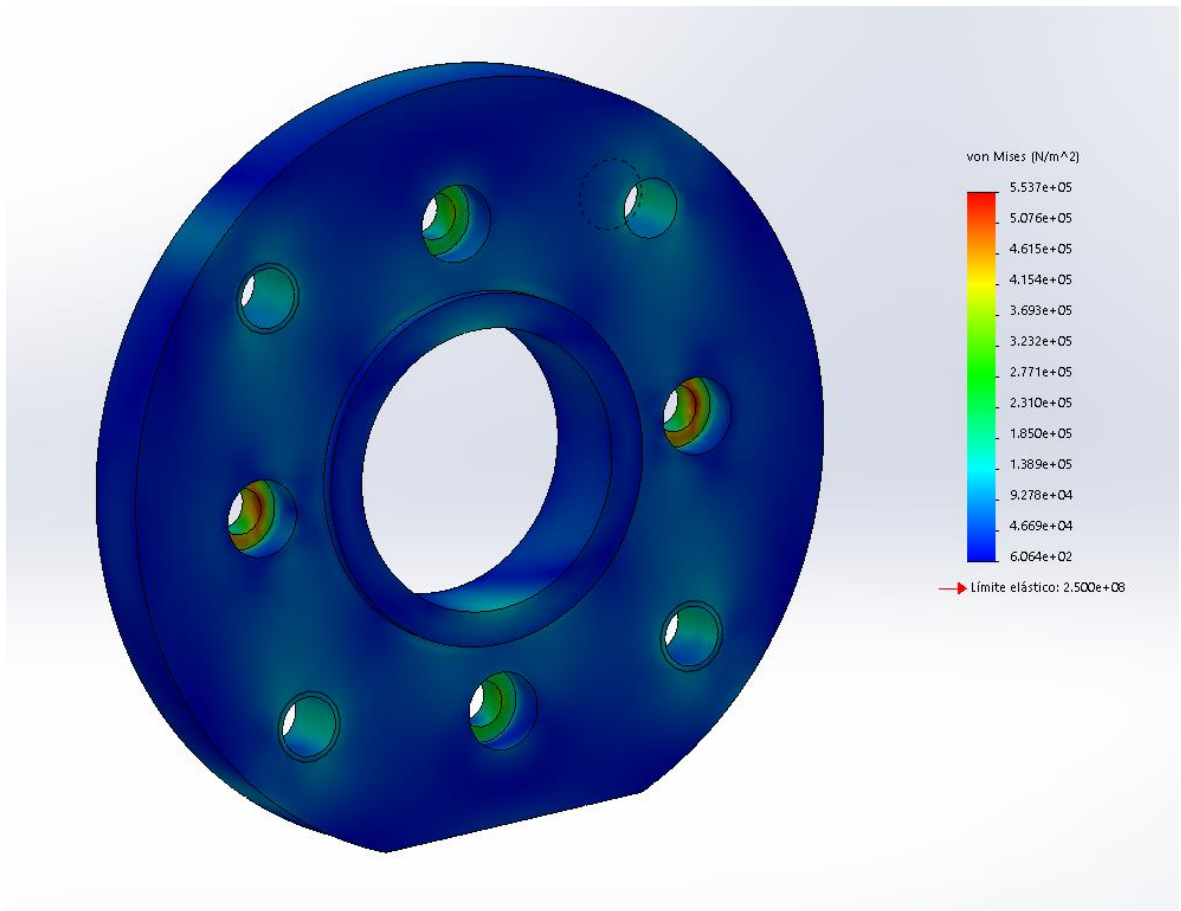
- *Adaptador motoreductor mida 50:*



Il·lustració A 33. Tensions de Von Misses de l'adaptador pel motoreductor de mida 50

Després de fer la simulació, queda comprovat que l'adaptador d'alumini 5754, aguantarà sense problemes totes les sol·licitacions demanades, ja que el límit elàstic per aquest material és de $2,5 \times 10^8$ N/m², i l'esforç màxim que patirà aquest és de $7,564 \times 10^5$ N/m².

- *Adaptadors motoreductors mida 45:*



Il·lustració A 34. Tensions de Von Misses dels adaptadors pels motoreductors de mida 45

Tant l'adaptador de l'actuador lineal X com el de l'Y, tot i estar posicionats de formes diferents, el disseny és el mateix i les sol·licitacions són pràcticament les mateixes. Aquesta simulació s'ha calculat segons l'actuador lineal X ja que al estar posicionat verticalment és el que més esforços sofreix.

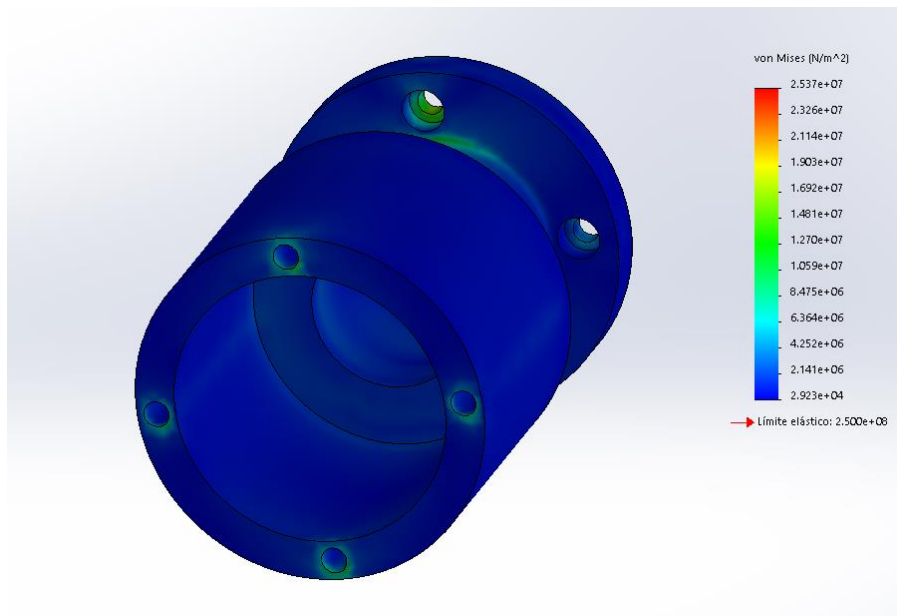
Com es pot observar, aguanta perfectament lluny de arribar al límit elàstic per tant, els dissenys es donen com a correctes.

A2.5. Validació de l'adaptador pels servomotors

Com s'ha explicat al punt **4.9.3.** de la memòria, els tres servos tindran el mateix adaptador ja que el disseny per collar-los és el mateix.

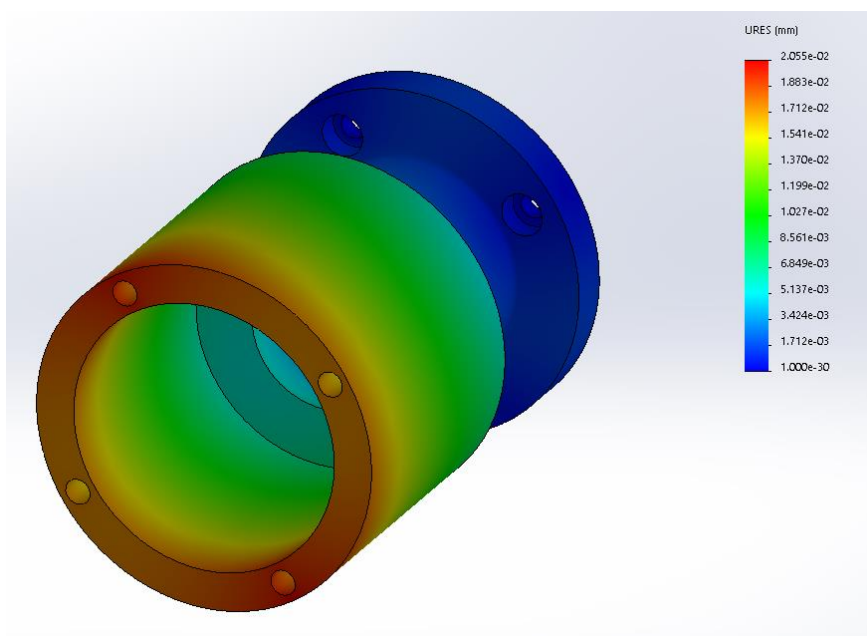
L'única diferència és la posició en que van fixats, ja que els servos dels actuadors lineals Z i X, van horitzontals, mentre que el de l'eix Y, va vertical.

- *Adaptadors servomotors actuadors Z i X:*



Il·lustració A 35. Tensions de Von Misses dels adaptadors pels servomotors Z i X

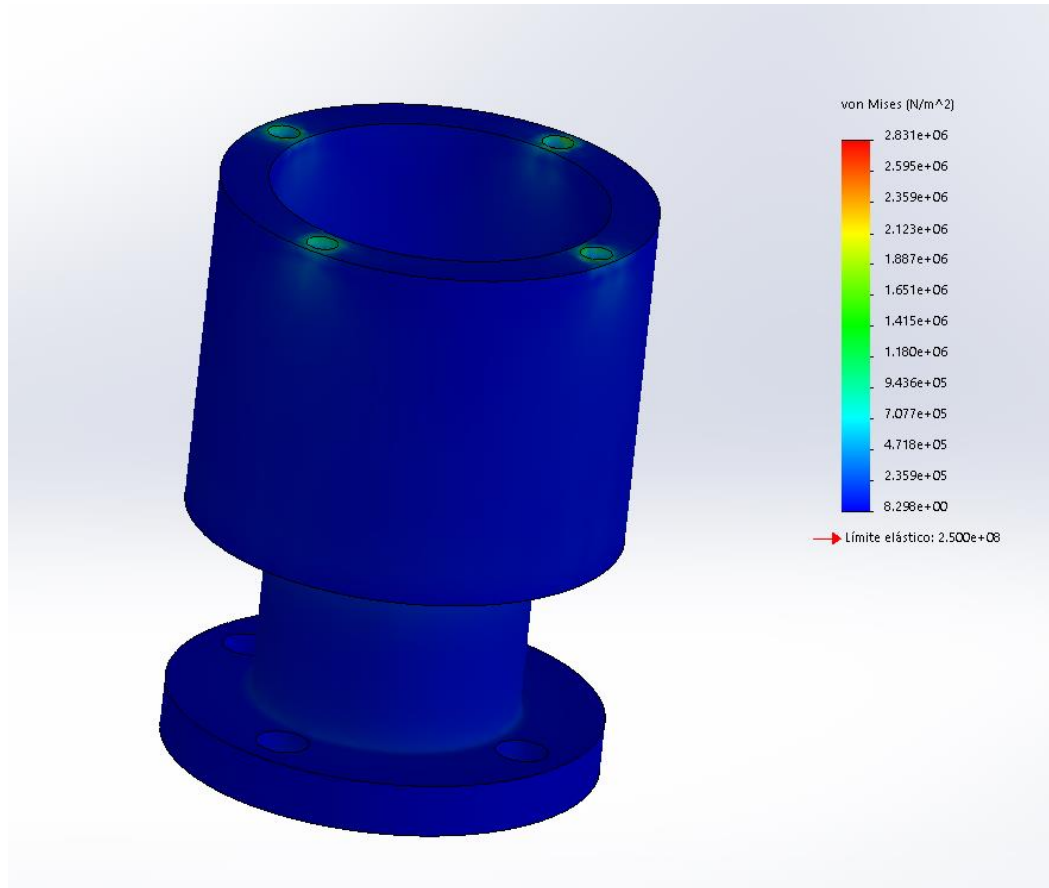
Segons la simulació feta amb *Solidworks*, la màxima tensió que se li aplicarà a l'adaptador serà de $2,537 \times 10^7$ N/m², molt per sota del límit elàstic de l'alumini 5754, que és $2,5 \times 10^8$ N/m², per tant, es pot assegurar que la peça està ben dissenyada.



Il·lustració A 36. Desplaçaments dels adaptadors pels servomotors Z i X

Es pot observar a la simulació de desplaçaments de l'adaptador pels servos Z i X, que aquest és menyspreable. El màxim desplaçament que sofreix és de 20,55 μm , pràcticament nul, per tant, es verifica que el disseny és correcte.

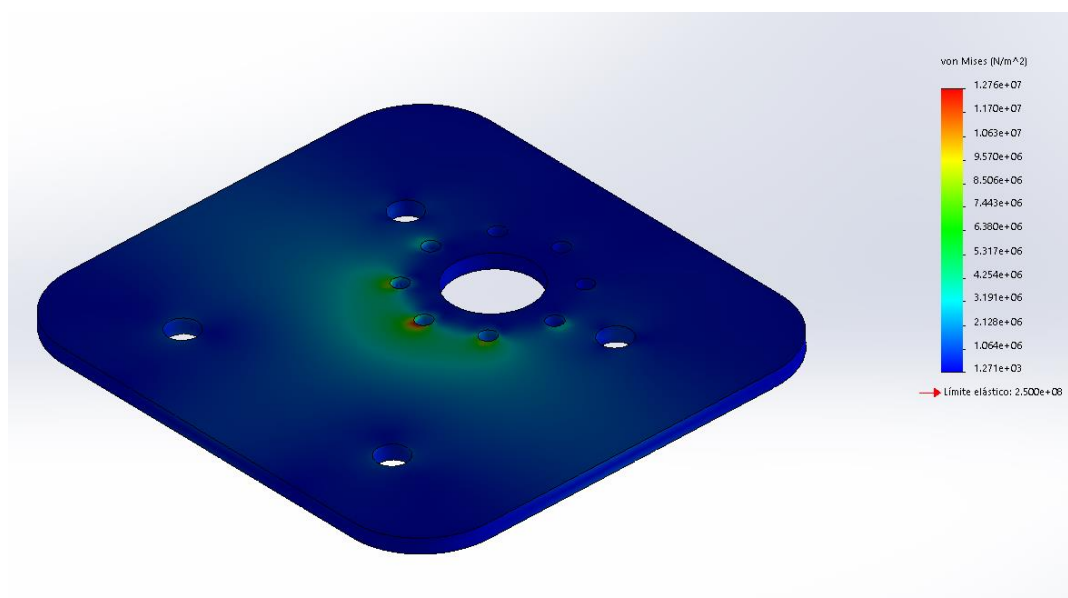
- *Adaptador servomotor actuador Y:*



Il·lustració A 37. Tensions de Von Misses de l'adaptador pel servomotor Y

L'adaptador que uneix el servomotor amb el capçal de l'actuador lineal Y, al estar col·locat verticalment, aquest sofreix menys que els que estan en posició horitzontal, sent màxim punt de sol·licitació requerida de $2,831 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. És a dir, s'assegura que el disseny de l'adaptador és correcte.

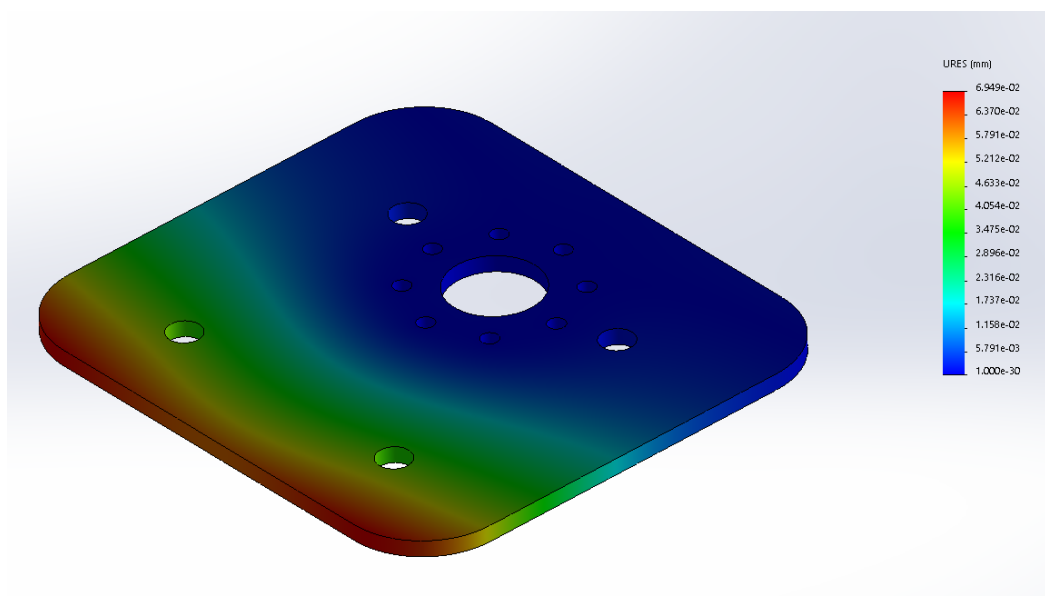
A2.6. Validació de la placa d'unió entre l'actuador de gir i les ventoses



Il·lustració A 38. Tensions de Von Misses de la placa d'unió entre l'actuador de gir i les ventoses

Segons l'estudi de simulació realitzat, la placa resisteix sense problemes els esforços que se li apliquen.

L'esforç màxim que sofreix pla placa és de $1,276 \times 10^7$ N/m². Aquest valor és inferior al límit elàstic que pot aguantar l'alumini 5754, per tant, la placa es dona com a bona.

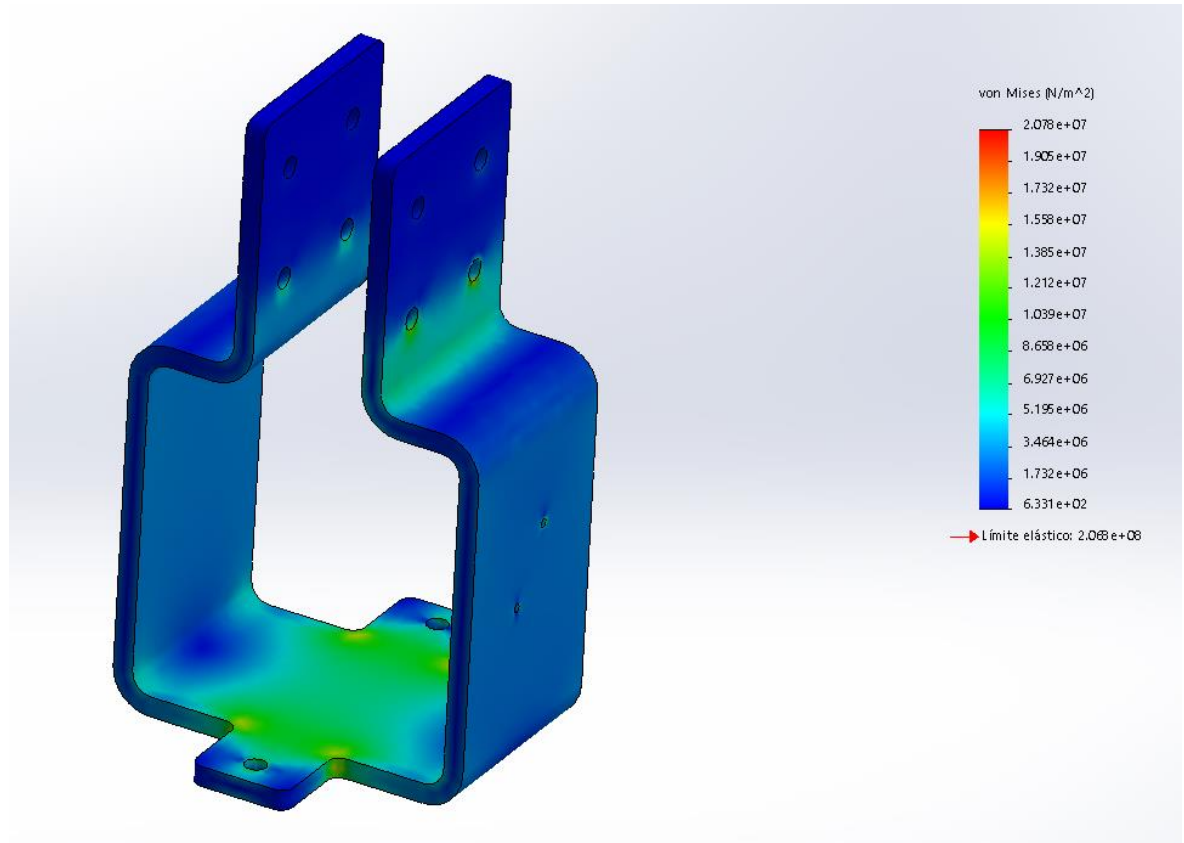


Il·lustració A 39. Desplaçaments de la placa d'unió entre l'actuador de gir i les ventoses

És interessant també realitzar la simulació de desplaçaments que sofreix la peça degut als esforços que se li apliquen.

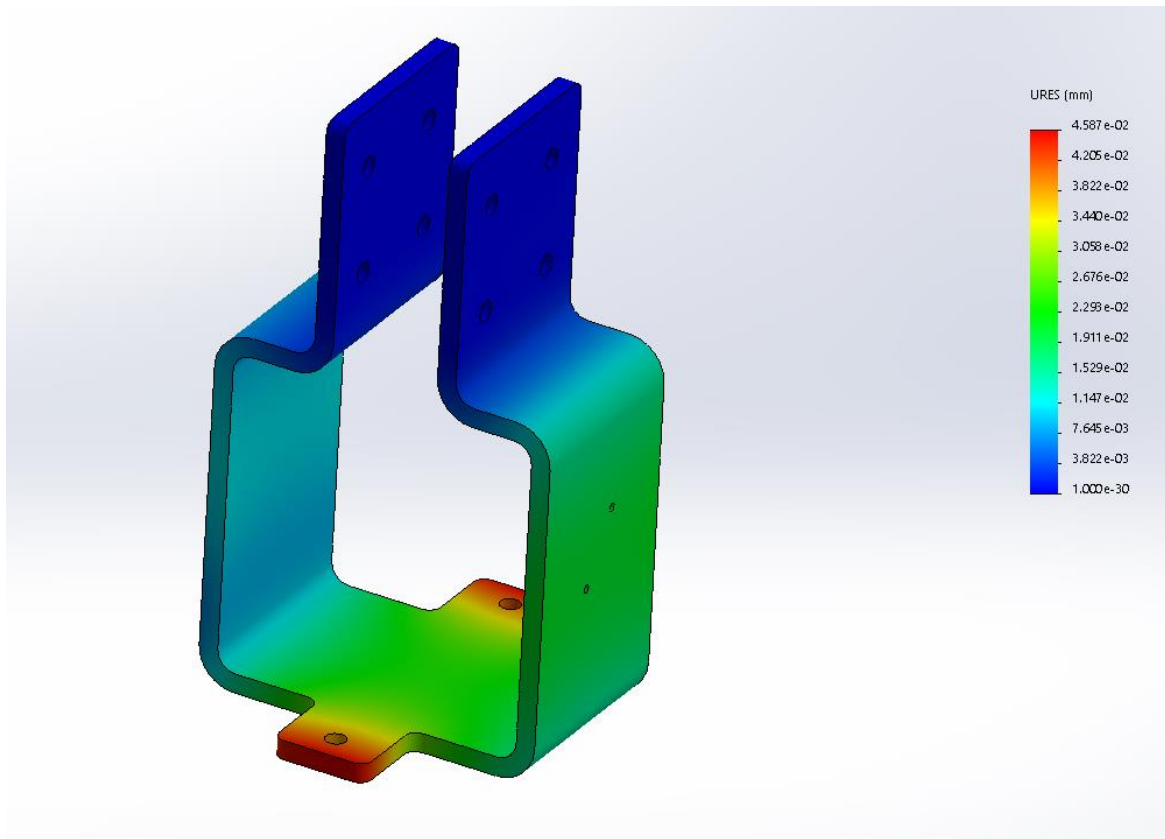
S'observa que la deformació màxima té un valor de 69,49 μm , pràcticament insignificant. Per tant, es reafirma que el disseny de la platina de subjecció de les ventoses és correcte.

A2.7. Validació de la placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador Z



Il·lustració A 40. Tensions de Von Mises de la placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador Z

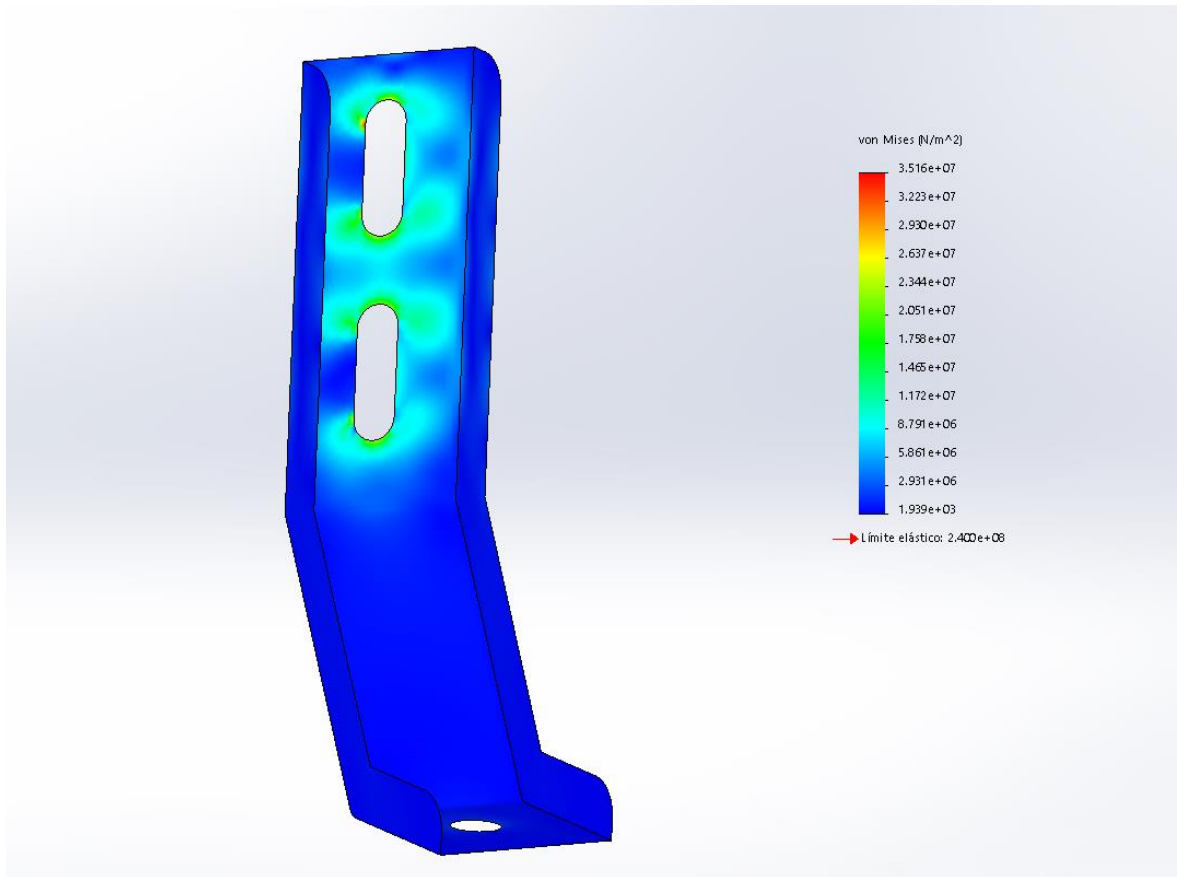
En la simulació de les tensions que sofreix la placa es poden veure quines són les parts més crítiques. Aquestes parts estan patint una tensió de $2,078 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. El límit elàstic de l'acer inoxidable AISI 304, és de $2,0681 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, per tant, compleix els esforços que se li apliquen sense cap problema.



Il·lustració A 41. Desplaçaments de la placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador Z

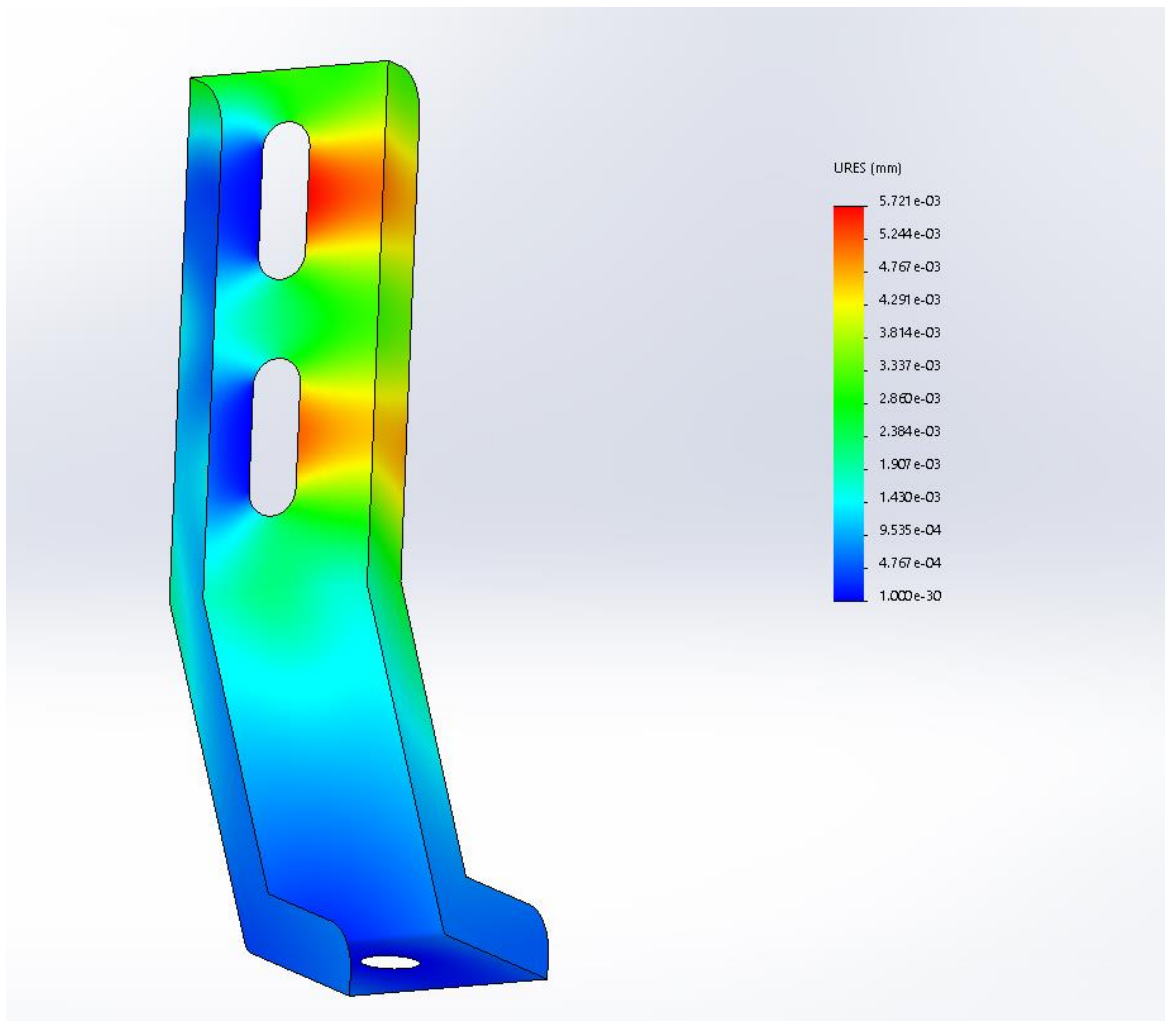
Per comprovar que sigui tot correcte, s'ha simulat els desplaçaments que hi ha a la platina degut als esforços aplicats pels pesos que ha de suportar aquesta. El desplaçament resultant pràcticament és nul, el màxim valor que dona la simulació és de $45,87 \mu\text{m}$, per tant, es confirma que la placa està ben dissenyada i es pot procedir amb la seva fabricació.

A2.8. Validació esquadres de fixació a terra



Il·lustració A 42. Tensions de Von Misses de l'esquadra de fixació a terra

En la simulació de les tensions que sofreix l'esquadra de subjecció a terra, es poden veure quines són les seves parts més crítiques a l'hora de suportar les vibracions i moviments produïts pels actuadors lineals del paletitzador. Aquestes parts estan patint una tensió de $3,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. El límit elàstic del material que està compost l'esquadra és de $2,41 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, per tant, compleix els esforços que se li apliquen sense cap problema.



Il·lustració A 43. Desplaçaments de l'esquadra de fixació a terra

Per comprovar que sigui tot correcte s'ha simulat el desplaçament que hi haurà a l'esquadra de fixació a terra. Com a resultat de la simulació, s'obté un desplaçament és pràcticament és nul. El màxim valor calculat pel programa, a l'hora de fer la simulació, és de 5,721 μm , per tant, l'esquadra aguantarà perfectament els esforços sol·licitats.

A3. Manual de funcionament

A3.1. Descripció general

Aquesta instal·lació realitza el control del robot paletitzador amb una plaça per un palet i una alimentació independent.

A3.1.1. Descripció dels elements

El robot està format per tres eixos cartesianes x, y, z i un sistema de succió de buit capaç de girar 90º. Cadascun dels eixos es controla amb un servo-posicionador, mentre que l'accionament de la succió, així com el gir, es controlen amb electro-vàlvules.

El control de tots els elements està distribuït en quadres elèctrics que governa cada robot. A més un quadre de PC amb PC, és el que realitza la funció d'interactuació home-màquina.

A3.1.2. Funcions del sistema

Des del PC podem governar les diferents funcions del sistema. Aquestes les dividirem en diferents àrees que s'expliquen en diferents punts més endavant:

- Monitorització del Sistema: Comprovar i realitzar un seguiment del sistema.
- Transferència de Formats i Posada en Marxa: S'estudiarà el mètode per a la transferència dels formats i posada en marxa de la paletització. Modificació de l'estat.
- Actuació en manual: en aquest capítol s'estudia com manipular el robot en manual.
- Gestió de Formats: Aplicació que ens permet crear, modificar, eliminar dissenys de mosaics amb les dades particulars de les caixes per al seu posterior paletització.
- Ajustos Generals del Sistema i de les Places: Disposarem de l'opció d'ajustar els límits dels eixos i interferències mecàniques per protegir l'equip de moviments indeguts.

A3.1.3. Descripció del PLC

El PC és la interfície de comunicació amb la màquina. Es tracta d'un PC estàndard que comunica amb els diferents PLC's via *Ethernet*, suportat per un SAI per a la correcta desconexió. A nivell de programari, el PC integra Windows XP Professional i s'executa en iniciar el programa PROVISU.EXE. La base de dades amb la qual treballa el sistema, és MS SQL Server 2000.

A3.1.4. Encendre i parar la màquina

El quadre elèctric disposa d'un seccionador que l'alimenta. Des del quadre del PC, es pot rearmar l'emergència del robot i controlar la marxa/aturada de la instal·lació.

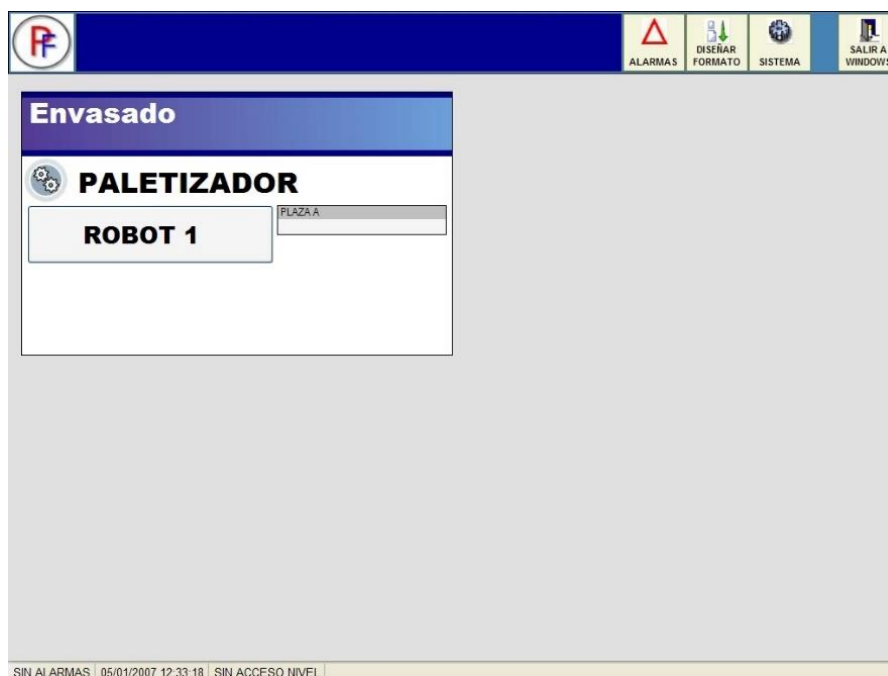
No és imprescindible que el PC estigui en marxa perquè funcioni el robot. Però és necessari per carregar formats, resetejar alarmes, passar a manual / automàtic ...

- NOTA: És important parar i iniciar correctament l'equip per evitar corrompre el sistema operatiu i les bases de dades. Pel procés que realitza el quadre elèctric, en iniciar és necessari prémer "REARMAMENT". Després de rearmar el quadre el sistema, encara romandrà aturat.
- NOTA: Si es produeix un tall de corrent, el sistema no només necessitarà un REARMAMENT elèctric sinó que, a més, s'haurà de tornar a prémer MARXA per activar de nou el sistema.

El sistema està en marxa quan la llum verda del polsador MARXA es troba activa.

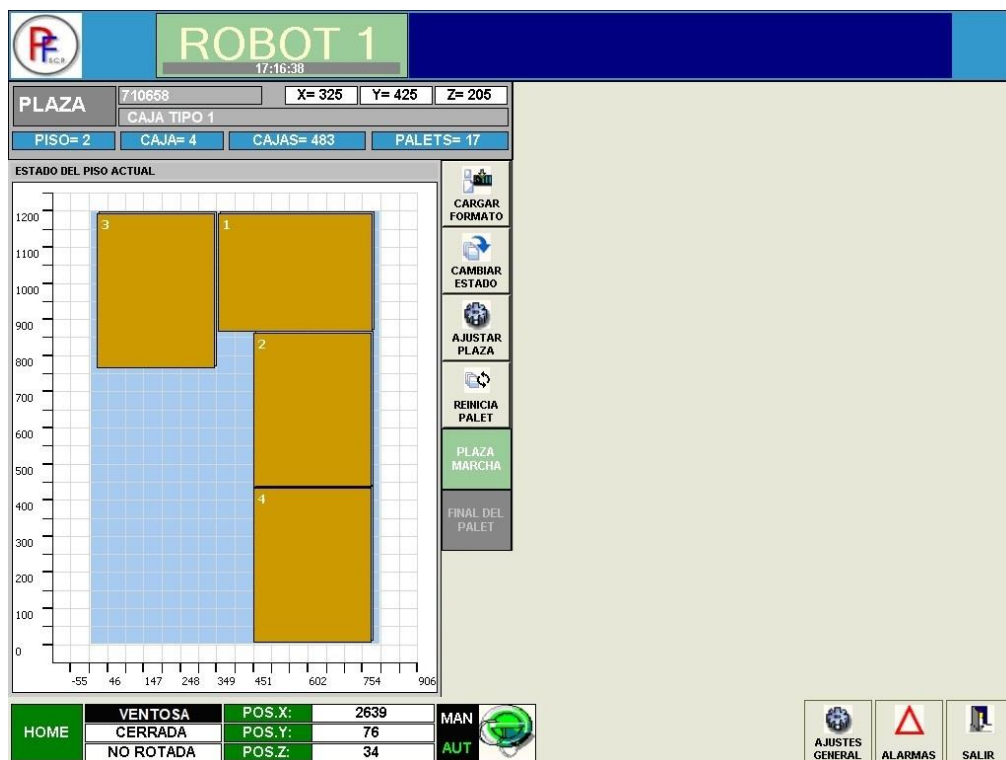
A3.2. Monitorització del sistema

Quan s'inicia el sistema, es mostra la pantalla principal on podem observar l'estat del robot i l'estat de la plaça del palet:



Il·lustració A 44. Pantalla principal d'inici

Des d'aquesta pantalla, es pot accedir al robot fent clic sobre el botó corresponent i consultar qué és el que s'està paletitzant a la plaça.



Il·lustració A 45. Pantalla de consulta de l'estat del paletitzat

A la part superior, al costat del logotip, s'observa l'estat del sistema. El fons del nom del robot pot ser gris (sistema parat) o verd (sistema en marxa).

A més s'hi pot veure l'hora interna del PLC, és útil per comprovar que hi ha comunicació amb el PLC (altrement marcarà SENSE CONNEXIÓ, i no es podrà veure l'estat, carregar formats o realitzar ajustos).

Al costat de l'estat del robot, es distingeix una zona marcada en blau fosc. En aquesta àrea apareixen les últimes alarmes actives. Quan les alarmes estiguin actives, també apareix un triangle d'avertència al costat de l'àrea. A l'apartat **A3.7.**, es pot trobar tota la informació detallada sobre les alarmes i la seva pantalla.

La part superior de la pantalla indica el nom de la plaça, així com el codi i nom del format carregat i les mesures (x -amplada-, i -longitud-, z -altura-) de la caixa.

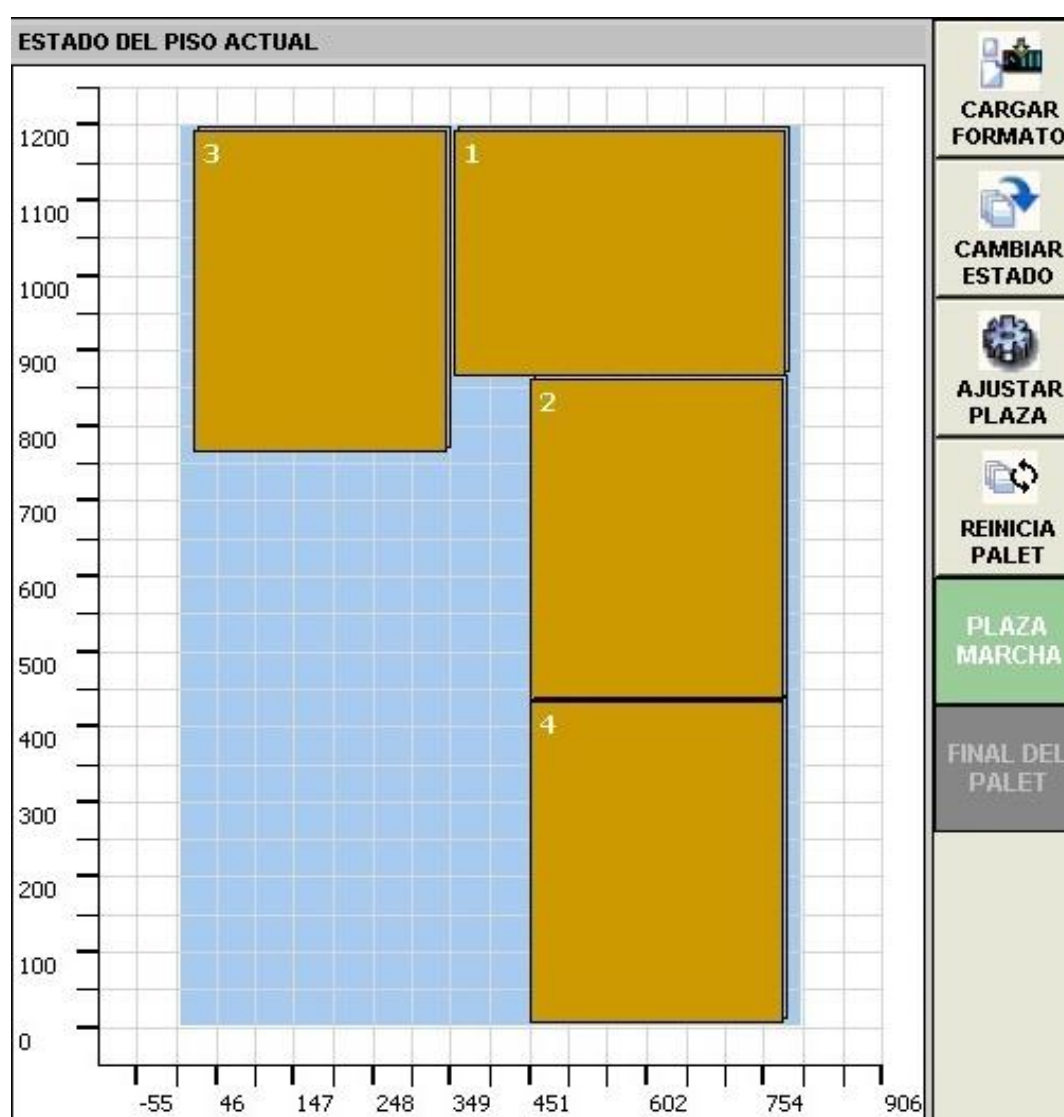
A continuació, en blau, s'indica el pis actual del palet, l'última caixa posada, totes les caixes que s'han posat des que es va carregar el format, i el nombre de palets paletitzats des que es va carregar aquest.

PLAZA	710658	X= 325	Y= 425	Z= 205
	CAJA TIPO 1			
PISO= 2	CAJA= 4	CAJAS= 483	PALETS= 17	

Il·lustració A 46. Informació del paletitzat

La resta de l'àrea de la plaça mostra una simulació del mosaic actual, del pis actual, i unes opcions i informació addicional a la part dreta.

En l'apartat de Transferència de Formats i Posada en Marxa, s'explica el funcionament.



Il·lustració A 47. Informació del mosaic del paletitzat

Finalment, a la part inferior esquerra, apareix la informació de la posició dels eixos:

HOME	VENTOSA	POS.X:	2639
	CERRADA	POS.Y:	76
	NO ROTADA	POS.Z:	34

Il·lustració A 48. Informació la posició dels eixos

L'apartat de HOME pot estar de color vermell (no s'ha realitzat el HOME) o verd (si s'ha realitzat).

- NOTA: És una informació important ja que si no s'ha fet el HOME (que el paletitzador mogui els seus eixos fins al punt zero marcat), el robot no realitzarà moviments ni en manual ni automàtic.

A continuació s'indica l'estat de les ventoses: TANCADA si està activat l'equip de buit, o OBERTA si no ho està, i rotada o NO rotada.

La següent informació, és la posició absoluta dels eixos X, Y, Z. A més, el requadre en verd, passa a color vermell en aquell eix que entri en conflicte amb algun dels límits mecànics ajustats. Un eix ressaltat en vermell implica que el robot no pot fer algun o cap dels moviments d'aquest eix.

A3.3. Transferència de formats i posada en marxa

A3.3.1. Carregar un format

Per carregar un format des de la pantalla principal farem clic sobre el botó -CARGAR FORMATO- .

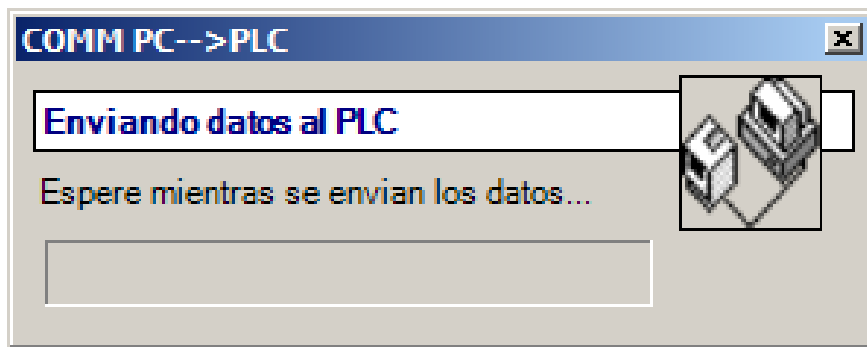
A continuació ens apareixerà una finestra en la qual sol·licita quin format desitgem carregar:

Il·lustració A 49. Finestra per seleccionar el format a carregar

Es pot seleccionar el format per codi, desplegant amb la fletxa la llista de selecció, per nom, desplegant la llista de selecció també, o bé prement sobre el botó -[...]-. Aquest botó fa aparèixer un teclat, i

introduint un text semblant al que es busqui, el sistema omplirà el requadre amb la primera coincidència.

Un cop seleccionat, s'ha de prémer el botó -ACEPTAR- per a realitzar la transferència, o -CANCELAR- si no es vol continuar amb el procés. Si es continua amb el procés apareixerà una finestra avisant de la transferència:



Il·lustració A 50. Finestra d'avís de transferència

Quan finalitza l'enviament de les dades la pantalla desapareix.

- **IMPORTANT:** Quan es realitza la càrrega d'un format, els comptadors es reinicien, pel que el nombre de caixa i pis tornen a zero com si el palet estigués buit. Per això, és important que quan es realitzi la càrrega del format, es tingui el palet buit, o després de realitzar la càrrega del format s'actualitzi la informació amb el botó de CANVIAR ESTAT que es mostra al següent apartat.

A3.3.2. Canviar l'estat de la plaça

En ocasions és necessari indicar al sistema quantes caixes hi ha, i en quin pis està en aquell moment. Sobretot després de manipulacions en manual (per exemple, al caure una caixa pot ser necessari retirar aquesta o diverses i continuar amb el palet des d'aquest punt).

Aquestes operacions es poden executar fent clic sobre el botó -CAMBIAR ESTADO-. En fer-ho apareixerà la següent finestra:



Il·lustració A 51. Finestra de canvi d'estat

A la part superior apareix la informació de la plaça (nom de la plaça, mida de la caixa, codi i nom de l'article).

A continuació, es té la possibilitat d'indicar el número de pis i caixa (última col·locada) en el qual es troba el robot. Es seleccionen els valors desitjats, i es fa clic al botó -AJUSTAR PISO/CAJA-.

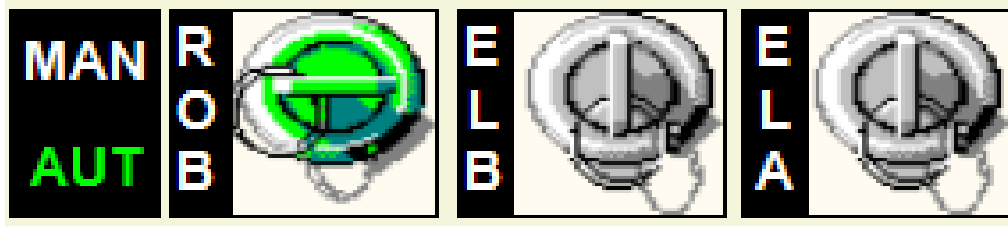
Si es vol iniciar una plaça, s'ha de prémer sobre el botó -INICIAR-. Per descomptat, perquè la plaça continuï en marxa s'ha de tenir el robot en marxa i en automàtic.

Per deixar la peça inhabilitada, s'ha de prémer el botó -PARAR-.

Amb el botó -RESET PALET- es provoca la sortida del palet actual i s'haurà de substituir per un buit. No obstant, es pot anul·lar l'operació tornant a prémer el botó.

Per sortir sense executar cap canvi, s'ha de prémer el botó -SALIR-.

A part de tenir activada la plaça, és important assegurar que es tenen en automàtic totes les parts del sistema. Per això s'han de tenir les claus d'automàtic activades (en verd):



Il·lustració A 52. Avís de les claus d'automàtic

En aquest exemple s'observa que es té el robot en automàtic, però els elevadors en manual.

Per al programa d'aquest paletitzador no hi hauran elevadors, per tant, només disposarà de la clau per activar o desactivar l'automàtic del robot.

A3.4. Actuació en manual

Per posar el robot en manual, seguint amb el que hem vist en el punt anterior, s'introduirà la clau que pertorqui en mode manual.

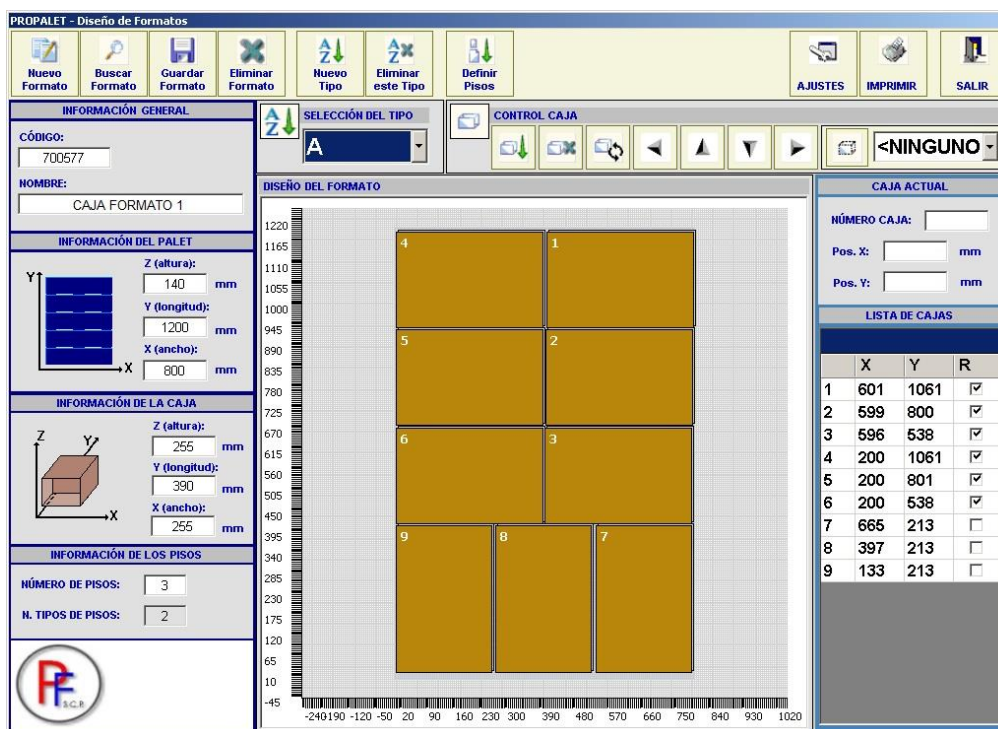
A part de la selecció de la zona desitjada, per poder actuar en manual, ha d'haver-hi el sistema en marxa.

En el cas del ROBOT, s'ha d'actuar amb el comandament extern. Amb aquest comandament, mitjançant uns polsadors, permet realitzar els moviments cap a X +, X-, Y +, Y-, Z +, Z-, girar capçal, i amb el polsador d'A (mantenint premut un segon) obrir o tancar les ventoses.

A3.5. Gestió de formats

Per accedir a la pantalla de gestió de formats, s'ha de prémer sobre el botó -DISEÑAR FORMATO-. En prémer-lo, s'accedeix a una nova pantalla principal dedicada a la gestió dels formats emmagatzemats a la base de dades. Les modificacions que es realitzin i guardin, queden emmagatzemades, però no són transferides al PLC fins que no es torni a realitzar l'operació -CARGAR FORMATO-.

Aquest és l'aspecte de la pantalla per dissenyar formats en ple procés de disseny.



Il·lustració A 53. Pantalla per dissenyar formats

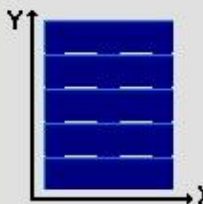
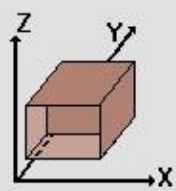
Per realitzar un nou model de format o modificar algun d'existent, s'han de seguir els següents passos.

A3.5.1. Nou format

Quan premem en el botó -NUEVO FORMATO-, el sistema neteja la pantalla i fa aparèixer un panell a la part esquerra, per poder començar a omplir les primeres dades necessàries per al nou mosaic:

- El primer que s'ha d'introduir és el codi. Aquest codi és l'identificador únic del format per al sistema, de manera que no poden existir dos codis iguals.
- El nom és una descripció del format perquè sigui més intel·ligible.
- A continuació, s'ha d'introduir l'alçada, l'amplada i la longitud del palet que s'utilitzarà.
- La següent informació requerida és l'altura del palet, la longitud i l'amplada de la caixa.
- Finalment, s'haurà d'introduir el nombre de pisos, però abans s'han de definir els tipus de pisos ja que en cas contrari no es podran definir el nombre d'aquests.

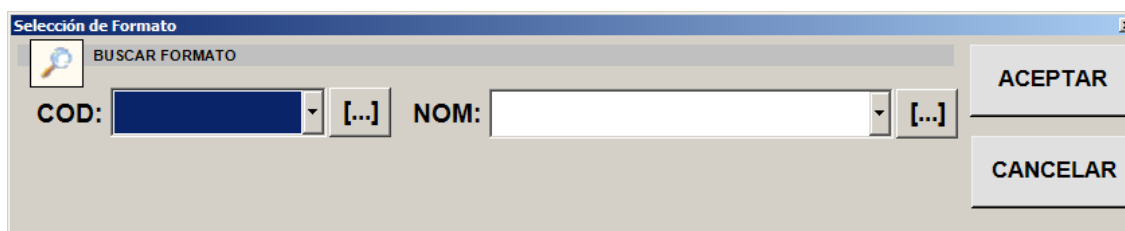
En la següent figura, es mostra la pantalla que apareix quan es vol definir un nou format, en el qual s'han d'introduir les dades anteriorment mencionades.

INFORMACIÓN GENERAL	
CÓDIGO:	<input type="text" value="700577"/>
NOMBRE:	<input type="text" value="CAJA TIPO 1"/>
INFORMACIÓN DEL PALET	
	Z (altura): <input type="text" value="140"/> mm
	Y (longitud): <input type="text" value="1200"/> mm
	X (ancho): <input type="text" value="800"/> mm
INFORMACIÓN DE LA CAJA	
	Z (altura): <input type="text" value="255"/> mm
	Y (longitud): <input type="text" value="390"/> mm
	X (ancho): <input type="text" value="255"/> mm
INFORMACIÓN DE LOS PISOS	
NÚMERO DE PISOS:	<input type="text" value="3"/>
N. TIPOS DE PISOS:	<input type="text" value="2"/>

Il·lustració A 54. Pantalla de disseny d'un nou format

A3.5.2. Edició d'un format

Si el que es desitja és editar un format existent o crear un de nou a partir d'un existent, el primer que s'ha de fer és seleccionar el format prement -BUSCAR FORMATO-. En fer-ho apareixerà la finestra de selecció del format:



Il·lustració A 55. Pantalla per buscar un format existent

En aquesta pantalla es seleccionarà el codi o nom (es comenta en l'apartat de la càrrega de format), i posteriorment es prem el botó -ACEPTAR-. Seguidament apareixeran les dades del format. Si el que es desitja és utilitzar aquest per crear un de nou se'n canviarà el codi. Un cop canviat, per guardar-lo, s'ha de prémer el botó -GUARDAR FORMATO-.

A3.5.3. Eliminar un format

Per eliminar un format, el primer que s'ha de fer és seleccionar el format no desitjat, i tot seguit, fer clic sobre el botó -ELIMINAR FORMATO-. El sistema demanarà la confirmació per eliminar definitivament el format.

Per eliminar el format, no cal haver esborrat prèviament la informació d'aquest. Quan s'elimina un format, s'esborren de forma automàtica totes les dades que s'hi inclouen.

A3.5.4. Nou tipus de format

Tant si s'està creant un format, com si s'està editant, fent clic sobre el botó -NUEVO TIPO- es podrà definir un nou tipus de mosaic o capa. El primer que farà el sistema, és preguntar sobre el nom del tipus que es vol definir.

Després d'introduir el nom, es prem el botó -ACEPTAR- per així obrir la finestra de disseny i les icones de -CONTROL CAJA-.

Quan ja es tenen tipus definits en un format (perquè s'han creat nous o perquè el format seleccionat ja tenia tipus definits), es pot fer la selecció per a la seva edició des de la llista desplegable.



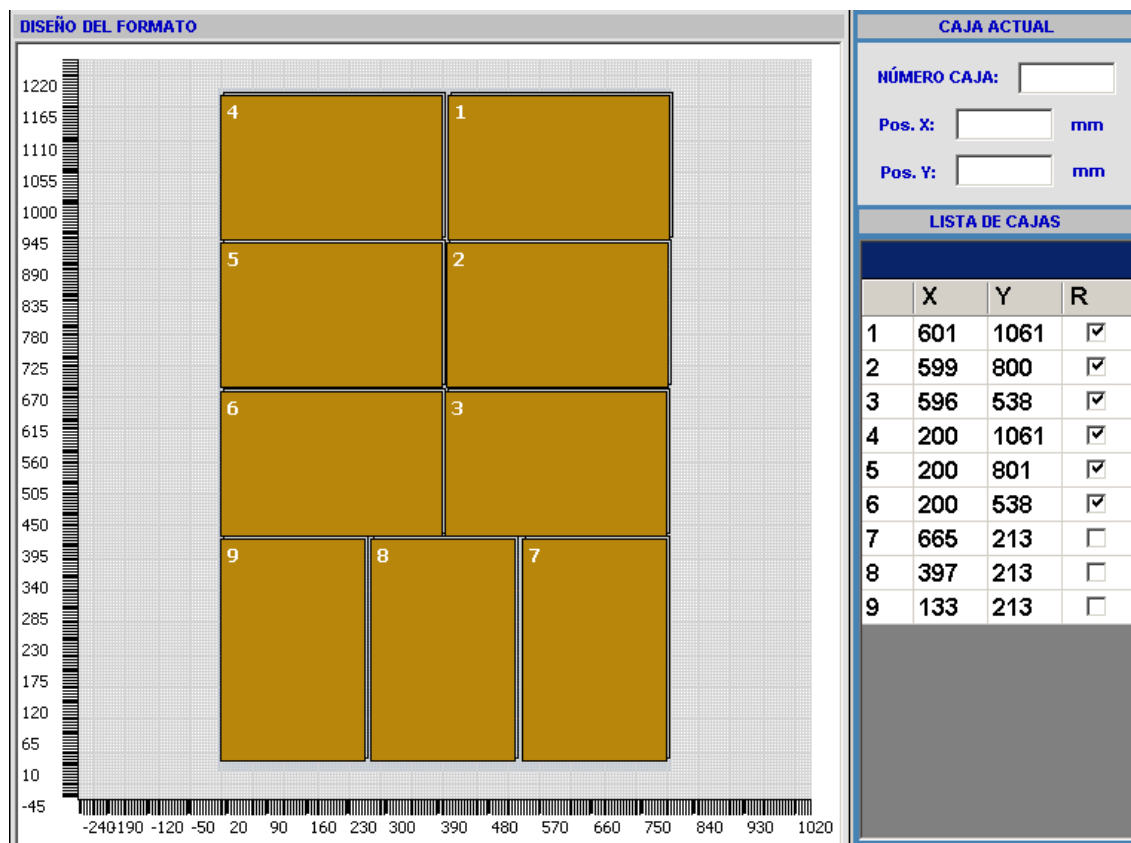
Il·lustració A 56. Pantalla de selecció de tipus

Si el que es vol és eliminar el tipus, s'ha de seleccionar com s'ha explicat, i tot seguit s'ha de fer clic sobre el botó -ELIMINAR ESTE TIPO-.

- NOTA: En eliminar un tipus, s'esborren també els pisos que s'hagin definit en aquest. S'ha de tindre en compte sobretot si s'està realitzant una edició d'un format.

A3.5.5. Disseny del format

Quan s'està realitzant el disseny d'un tipus, es veu sempre a la part central de la pantalla la distribució de les caixes. Aquesta es troba sobre la representació d'un palet.



Il·lustració A 57. Pantalla de la distribució de les caixes

L'eix de coordenades va des del punt 0 del palet en X, Y, com la posició més propera a la plaça del robot. Les caixes van numerades en l'ordre que es van crear amb un nombre. Aquest és l'ordre amb el qual el robot anirà col·locant les caixes, de manera que s'ha de tenir en compte a l'hora de crear el mosaic.

Per a l'edició del mosaic, es disposa d'una barra de botons anomenada -CONTROL CAJA- que permet realitzar les següents funcions.

- 1) Insertar una nova caixa en el disseny del mosaic.
- 2) Eliminar la caixa seleccionada en el disseny del mosaic.

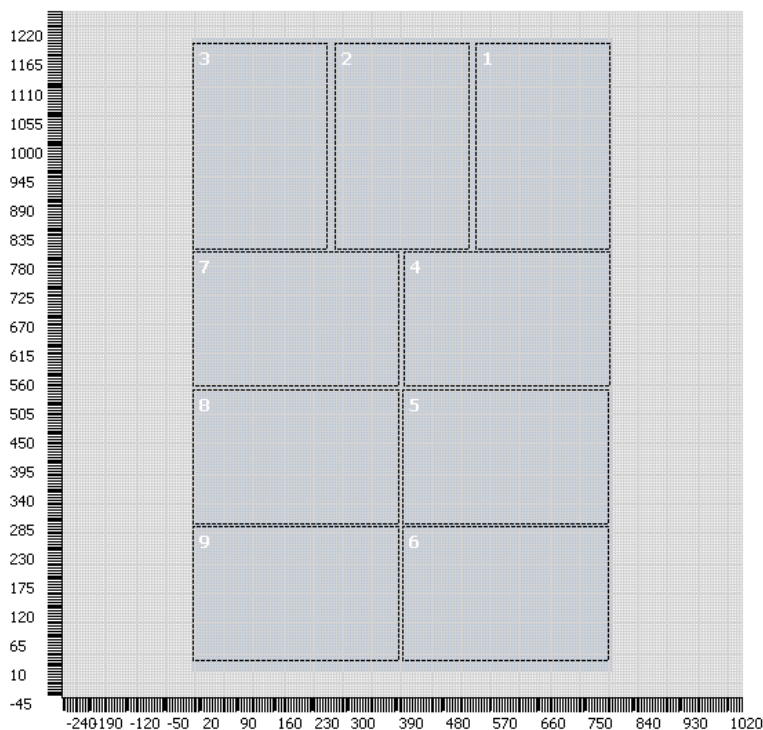
- 3) Rotar la caixa seleccionada.
- 4) Moure una posició de reixeta a l'esquerra la caixa seleccionada.
- 5) Moure una posició de reixeta cap amunt la caixa seleccionada.
- 6) Moure una posició de reixeta cap avall la caixa seleccionada.
- 7) Moure una posició de reixeta cap a la dreta la caixa seleccionada.
- 8) Permet alternar el mode de representació de les caixes en 3D - 2D



Il·lustració A 58. Botons per editar un mosaic

En mode 2D, permet comparar el tipus actual sobre qualsevol dels altres tipus, seleccionant-los a la llista desplegable que es troba al costat del canvi de vista.

A continuació es mostra el mosaic en vista 2D on es pot veure el detall de la posició de les caixes respecte al palet.



Il·lustració A 59. Mosaic en vista 2D

Moltes de les funcions de control de les caixes que s'estan veient, són sempre respecte a la caixa seleccionada. Es pot veure quina caixa és la seleccionada i la seva posició actual al requadre:

The screenshot shows a window titled "CAJA ACTUAL" with a blue border. Inside, there are three input fields: "NÚMERO CAJA:" with the value "1", "Pos. X:" with the value "601" and "mm" to its right, and "Pos. Y:" with the value "1061" and "mm" to its right.

Il·lustració A 60. Finestra de caixa actual

Aquests camps no només són de visualització, també es poden editar fent clic en el requadre corresponent. Si es prem sobre el nombre de caixa, s'aconseguirà canviar la selecció d'aquesta. Si es fa clic sobre -Pos.X- o -Pos.Y-, el que es pot canviar és la posició en X i Y.

Una altra forma de canviar la selecció i/o la posició d'una caixa, és prement sobre ella. Si només es prem, es realitzarà la selecció de la caixa. Si es prem i no es deixa anar, en moure el ratolí, s'aconsegueix arrossegar la caixa per la pantalla.

Finalment, també es pot seleccionar una caixa prement directament sobre la llista de caixes que apareix a la dreta del mosaic.

A3.5.6. Ajustaments del disseny

L'àrea de visualització té dos paràmetres ajustables que poden variar el comportament de la visualització i dels moviments. Fent clic sobre -AJUSTES-, s'accedeix a la següent pantalla:

The screenshot shows a window titled "Ajustes" with a blue title bar. Inside, there is a section labeled "Diseño del Formato" containing two input fields: "Tamaño Rejilla X:" with the value "5" and "mm." to its right, and "Offset Palet Y:" with the value "100" and "mm." to its right. To the right of these fields are two buttons: "ACEPTAR" and "CANCELAR".

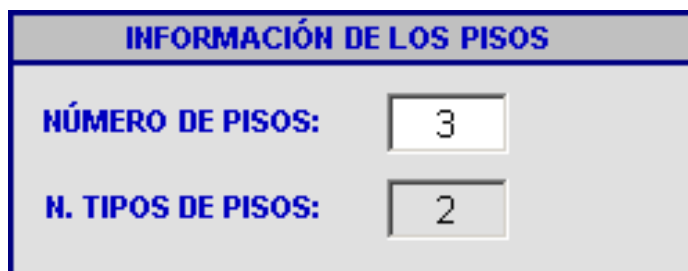
Il·lustració A 61. Finestra d'ajustaments

Des d'aquesta pantalla es pot ajustar la mida de la reixeta X i Y en mm. Quan es prem sobre les fletxes de desplaçament la caixa es mourà seguint el desplaçament marcat per la reixeta.

El valor d'-Offset Palet Y- indica en l'eix de la Y com quina és la distància que es deixa el palet.

A3.5.7. Definició del pisos


Finalment, abans de donar per finalitzat el format, s'ha d'indicar al sistema quants pisos el formen, i a quin tipus pertanyen aquests.



INFORMACIÓN DE LOS PISOS	
NÚMERO DE PISOS:	3
N. TIPOS DE PISOS:	2

II·lustració A 62. Finestra d'informació dels pisos

A continuació es fa clic sobre el botó -DEFINIR PISOS-, que obre la pantalla de definició dels pisos.



SELECCIÓN DEL PISO	
	NÚMERO TIPO
▶	1 A
	2 B
	3 A
	4 B
	5 A

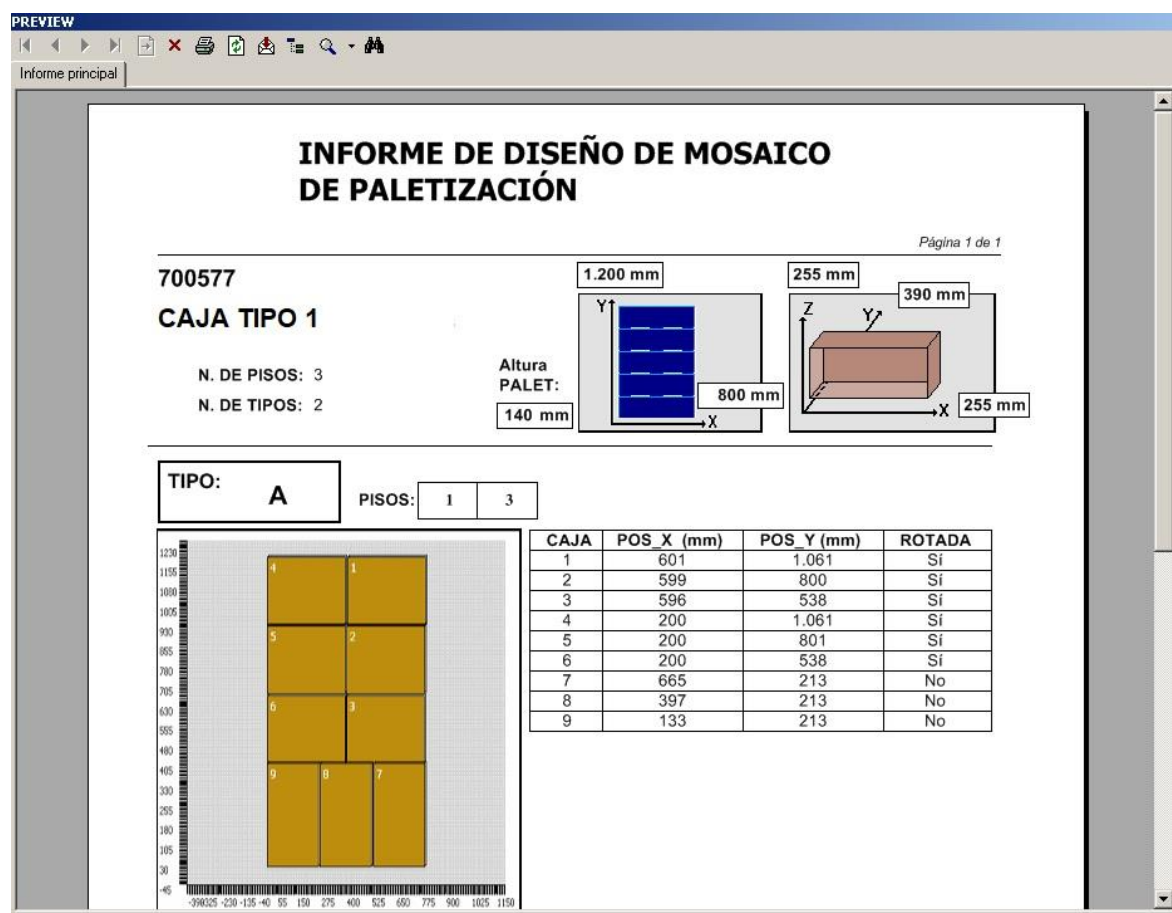
DEFINICIÓN DEL PISO
 NÚMERO PISO: 0
 TIPO PISO: ▼
 ACEPTAR

II·lustració A 63. Finestra de definició dels pisos

S'ha de prémer sobre la fila del pis i seleccionar a la llista desplegable el tipus. Finalment es prem el botó -ACEPTAR- per confirmar la distribució dels pisos.

A3.5.8. Imprimir un format

Quan es prem el botó -IMPRIMIR- tenint un format seleccionat, s'accedeix a la pantalla de previsualització, on es pot veure el resultat abans d'imprimir, realitzar la impressió, o sortir.



Il·lustració A 64. Pantalla de previsualització abans d'imprimir

També és possible realitzar una exportació del document prement sobre la icona d'un sobre amb una fletxa vermella situat a la barra de la part superior.

A3.6. Ajustos del sistema

Des de la pantalla de menú principal, es pot accedir a la configuració del sistema. Per a això, s'ha de prémer el botó de -SISTEMA-.

En la finestra que apareix s'hi descriuen les operacions que realitzarà el paletitzador programat amb diferents paràmetres.

Els paràmetres que s'hi observen són els següents:

- CTL_ALARMAS_GRUPOS: Indica quins grups emmagatzema l'històric aquest PC.
- DATABASE: Nom de la base de dades.
- HABILITA_x: Indica si habilitem les comunicacions i el control de cadascuna de les màquines indicades.
- OPC_NODE: Nom del node servidor d'OPC, comunicacions.
- OPC_PATH_x: Indica les rutes d'accés als diferents PLCs configurats al servidor OPC.
- PASSWORD: Paraula d'accés de nivell 1.
- PASSWORD_L2: Paraula d'accés de nivell 2.
- SQL_SERVER: Nom del servidor SQL on es troba la base de dades definida.
- TIEMPO DE INICIO: Quan el PC arrenca, s'inicia l'aplicació. Alhora s'estan iniciant altres serveis necessaris per al correcte funcionament de l'aplicació. Amb aquesta variable s'indica quant temps es vol que transcorri des de l'inici fins el moment de l'habilitació de les comunicacions.
- TIMEOUT: Temps de desconnexió de la base de dades.

A3.6.1. Ajustos generals

Per accedir a aquesta pantalla s'ha de fer clic sobre el botó -AJUSTES GENERALES-.

Els apartats d'aquesta pantalla són els següents:

- *Velocitat:*

“RECORRIDO”: % de velocitat a la qual es vol desplaçar els eixos del robot en els moviments de llarga distància.

“APROXIMA”: % de velocitat a la qual es vol desplaçar els eixos del robot en els moviments d'aproximació.

- *Permís sortida de límits:*

“MARGEN”: Distància en mm. que es permet a un eix no bloquejar el moviment contrari al que ha portat a límits l'eix.

- *Aproximació i allunyament:*

“OFFSET X”: Distància X a la qual el robot s'atura abans d'arribar a la posició de destí final de la caixa.

“OFFSET Y” : Distància Y a la qual el robot s’atura abans d'arribar a la posició de destí final de la caixa.

- *Offset d'alçada:*

“LÍMITE ROTA” : Alçada de la destinació en què la pinça del robot ha d'haver girat (si la caixa va rotada) abans de seguir descendint.

“ALEJAMIENTO” : Alçada que guanya el robot després d'haver deixat la pinça, abans de tornar a la plaça.

- *Límit per salvar cinta:*

“LÍMITE Z” : Respecte a Y.

“LÍMITE Y” : Respecte a Z.

“LÍMITE Z” : Respecte a X1 inferior, X1 superior.

“LÍMITE X1 INF” : Respecte a Z.

“LÍMITE X1 SUP” : respecte a Z (plaça A)

- *Límits recorreguts eixos:*

“LÍMITE X INF” : Límit inferior del recorregut de l'eix X.

“LÍMITE X SUP” : Límit superior del recorregut de l'eix X.

“LÍMITE Y INF” : Límit inferior del recorregut de l'eix Y.

“LÍMITE Y SUP” : Límit superior del recorregut de l'eix Y.

“LÍMITE Z INF” : Límit inferior del recorregut de l'eix Z.

“LÍMITE Z SUP” : Límit superior del recorregut de l'eix Z.

Perquè els ajustos quedin guardats, s’ha de prémer el botó -GUARDAR CAMBIOS-. Els canvis no només es guarden a la base de dades, sinó que a més es transmeten al PLC.

Des dels ajustos generals també es pot ajustar la data i hora del PLC del Robot prement sobre la tecla -AJUSTE RELOJ PLC-.

- NOTA: Els botons de -CAPTURAR- permeten caçar la posició real del robot i posar-la directament a la pantalla.

A continuació apareixerà la següent finestra:

II-lustració A 65. Pantalla d'ajustos generals

A continuació es descriuen cadascun dels apartats:

A3.6.2. Ajustos de la plaça

Per accedir a la plaça s'ha de prémer el botó -AJUSTAR PLAZA-. Aquest obre directament la finestra dels ajustos específics de la plaça. A la part superior de la pantalla apareix la informació de l'estat de les ventoses. La configuració de la plaça es divideix en tres àrees.

- *Definició de l'origen del palet:*

"X PALET": Posició X del palet més pròxima a la plaça.

"Y PALET": Posició Y del palet més propera a la plaça.

"Z PALET": Posició Z del palet més propera a la plaça.

"ALTURA DEL PALET": Alçada del palet que s'ha utilitzat per realitzar la configuració del punt X, Y, Z del palet.

- Definició del punt d'espera:

“X VENTOSA”: Posició X de la ventosa centrada en la plaça.

“Y VENTOSA”: Posició Y de la ventosa centrada respecte al final de la plaça.

“Z VENTOSA”: alçada d'espera.

Ajuste de la Plaza

PLAZA B	
VENTOSA	POS.X: 2639
CERRADA	POS.Y: 76
NO ROTADA	POS.Z: 34

Definición del Origen del Palet

X PALET: 2258 mm
Y PALET: 660 mm
Z PALET: 1992 mm
ALTURA PALET: 140 mm

INFORMACIÓN: Tome esta cota colocando el centro de la ventosa en la esquina del palet más próxima a la plaza. Indique también la altura del palet con el que se realiza la muestra

<<== COTA REAL DEL ROBOT

Definición del Punto de Espera

X VENTOSA: 2639 mm
Y VENTOSA: 289 mm
Z VENTOSA: 34 mm

INFORMACIÓN: Tome esta cota colocando el centro de la ventosa en el final de la cinta y centrada a la altura que desee esperar.

<<== COTA REAL DEL ROBOT

Datos Para calcular el Punto de recogida

ALTURA CINTA: 480 mm

INFORMACIÓN: Mida la altura desde el punto de espera a la cinta.

OFFSET ENTRADA CAJA (Z): 0 mm

GUARDAR CAMBIOS
SALIR

II·lustració A 66. Pantalla d'ajustos a la plaça

- Dades per calcular el punt d'espera:

“ALTURA CINTA”: Alçada de la cinta des de la posició d'espera. (A tocar amb les ventoses).

“OFFSET ENTRADA CAJA” (Z): Distància que ha de quedar des del sostre de la caixa a la ventosa quan es recull la caixa.

Perquè els ajustos quedin guardats, s'ha de prémer el botó -GUARDAR CAMBIOS-. Els canvis no només es guarden a la base de dades, sinó que a més es transmeten al PLC.

És important que després de realitzar els canvis en els ajustos i guardats, es realitzi una nova transferència dels formats a la plaça, ja que algun dels ajustos pot afectar el format.

Els botons -CAPTURAR- permeten caçar la posició real del robot i posar-la directament a la pantalla.

A3.7. Alarmes

Per accedir a la pantalla d'alarmes, des de la pantalla principal, s'ha de prémer sobre el botó -ALARMAS-

Aquest botó obre la següent pantalla:



Il·lustració A 67. Pantalla d'alarmes

En aquesta pantalla es pot veure les alarmes actives en aquest moment. Quan es produeix una alarma apareix a l'àrea blava. Les alarmes s'acumulen en aquesta àrea en forma de taula i queden ordenats per data/hora d'aparició.

Les alarmes poden estar en un dels següents estats:

- ACTIVA: L'alarma està activa. O bé el problema persisteix o l'alarma necessita un RESET.
- RECONEGUDA: Igual que l'activa però l'operari ha premut el botó de -RECONOCER ALARMAS-
- DESAPAREGUDA: El problema ja no hi és, l'alarma ha desaparegut però l'operari no ha reconegut l'alarma.

A més es disposen d'uns botons a la part superior. Les funcions d'aquests són:

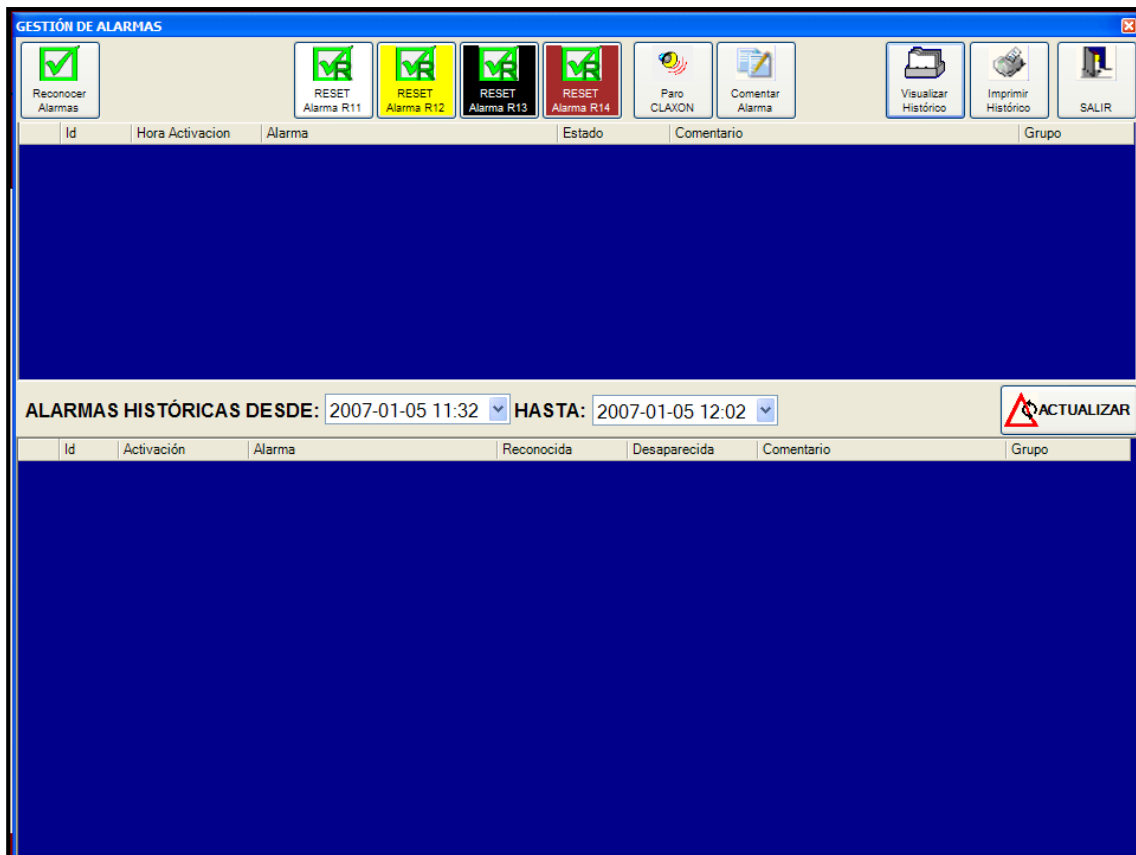
“RECONOCER ALARMAS”: En prémer aquest botó es reconeixen les alarmes. Aquelles que estiguin actives, passaran a estar reconegudes, mentre que les que estan desaparegudes, desapareixeran de la pantalla.

“RESET ALARMA”: Algunes alarmes, per desaparèixer requereixen d'un RESET. Amb aquest botó s'indica al sistema que volem realitzar aquesta operació.

“PARO CLAXON”: En prémer aquest botó s'atura el senyal acústic d'avís d'alarma nova.

“COMENTAR ALARMA”: En prémer sobre el botó apareixerà una pantalla amb un teclat perquè es pugui introduir un text. Aquest text queda emmagatzemat amb l'alarma, de manera que en obrir l'històric d'alarmes, es poden veure els comentaris associats cadascuna d'elles.

“VISUALIZAR HISTÓRICO”: Amb aquesta opció s'accedeix a la pantalla de visualització d'alarmes històriques. En prémer la pantalla d'alarmes, s'expandeix mostrant les alarmes registrades entre les dates indicades. Per defecte, el sistema mostra l'última mitja hora:



II-lustració A 68. Pantalla d'històric d'alarmes

Quan es selecciona la data/hora inicial i final que es vol que mostri el sistema, s'haurà de fer clic sobre el botó -ACTUALIZAR-.

“IMPRIMIR HISTÓRICO”: És un botó que s'habilita quan s'està treballant amb l'històric. Aquest permet imprimir o exportar a format .pdf, word, o excel les alarmes que es tinguin seleccionades.

“SALIR”: Permet sortir de la pantalla d'alarmes.

Les alarmes que s'han tingut en compte són les següents:

ALARMA	Parada d'emergència
EFFECTE	Sense funcionament del sistema
CORRECCIÓ	Desactivar botó d'emergència i rearmar el quadre elèctric. Revisar la maniobra de seguretat
ALARMA	Tèrmic Servomotors
EFFECTE	Sense moviments en els eixos X, Y, Z
CORRECCIÓ	Revisar consum dels servomotors. Rearmar tèrmics. Prémer RESET d'alarmes
ALARMA	Tèrmic cinta
EFFECTE	Sense moviment tram de rodets cinta
CORRECCIÓ	Revisar consum de la cinta de rodets de l'entrada. Rearmar tèrmics. Prémer RESET d'alarmes.
ALARMA	Fallada eix Z
EFFECTE	Sense moviment motor eix Z
CORRECCIÓ	Revisar l'estat del servomotor. Prémer RESET d'alarmes
ALARMA	Fallada eix Y
EFFECTE	Sense moviment motor eix Y
CORRECCIÓ	Revisar l'estat del servomotor. Prémer RESET d'alarmes
ALARMA	Fallada eix X
EFFECTE	Sense moviment motor eix X
CORRECCIÓ	Revisar l'estat del servomotor. Prémer RESET d'alarmes

Taula A 14. Alarmes aplicades al paletitzador

A4. Factures

A4.1. Material extern

Oferta de venta N° 2.065 - 19/03/2018

000010 - SITALU 2001, S.L. - OPERBER S.L.

CU/ THOMAS EDISON 76 NAVE 4

08787 POBLA DE CLARAMUNT (LA)
BARCELONA

Tel: 931160874 Fax:

A la atención de **ALEX PAEZ**

De su petición **MAIL**

Atendido por **Mancera Calero, Daniel**



POL. IND. EL CANYET NAVE 2 B
08754, EL PAPIOL, BARCELONA, ESPAÑA

Tel. 932492909 - @: info@traitec.es - www.traitectransmissions.com

Artículo	Descripción	Uds	Precio	%Dto	Neto Ud.	Importe EUR
ART	MOTORED. M050FC 1/7 / FRENO C.A. 0,75KW 4P B14	1,000	954,00	70,00	286,20	286,20
M045FC01C0QA0374	MOTORED. M045FC 1/7 / FRENO C.A. 0,37KW 4P B14	2,000	775,00	70,00	232,50	465,00
PD02	PLAZO DE ENTREGA: 2-3 DIAS SALVO VENTA					

LE ROGAMOS EN CASO DE PEDIDO, INDIQUE NUESTRO NÚMERO DE OFERTA

Forma de pago: Giro

Validez de la oferta: 30 Días (salvo excepciones indicadas en la oferta)

Importe neto	Base I.V.A.	%I.V.A.	Total I.V.A.
751,20	751,20	21,00	157,75

Condiciones de Envío:

Tipo Portes: Debidos
Agencia: Recogen (no Requiere Embalaje)
Importe Portes:

TOTAL OFERTA (Eur) 908,95

En cumplimiento de la Ley de Protección de Datos Personales, le informamos que sus datos son confidenciales y que forman parte de un fichero de Gestión para prestarle los servicios contratados, y remitirle información comercial, inclusive por medios electrónicos. Puede ejercer los derechos previstos en la Ley ante TRAITEC TRANSMISSIONS S.L. en la dirección indicada en el encabezamiento, junto a copia de su DNI.

II·lustració A 69. Factura dels motoreductors



19/12/2017

Empresa: OPERBER – SITALU 2001
 Direcció: C/ Thomas Alva Edison, 67
 Població: 08787 La Pobla de Claramunt
 Contacte: Alex Paez
 Tel.: +34 93 116 08 74
 Fax: +34 93 116 04 97
 Email: apaez@operber.com
 Resp. Oferta: Adam Mora

PaletizerPROFINET 20171219				
Cant.	Artículo	Descripción	Unitario	Total
** AXIS X **				
1	SGDV-3R5DE1A	Sigma 5 Servo Amplifier 1.00kW 3ph 400V Other Network Rotary SAP#: 100-042-781	500,94€	500,94€
1	RF 3004-SG5	Noise Filter for Sigma-5 for SGDV-1R9D - 5R4D Type 400V Servo Amplifier SAP#: 10004315	41,00€	41,00€
1	SGMGV-09DDA8H	AC Motor 400V 3ph,0.85kW (5.39Nm rated, 13.8Nm peak) 20bit IncEnc, Flange-mounted DustS + Brake SAP#: 100-065-732	470,53€	470,53€
1	JZSP-CVMCA11 -05-E-G5	Flexible Angled Connector CE05 Power cable(5m) for SGMGV & SGMSV (0.85Kw) SAP#: 10003478	97,18€	97,18€
1	JZSP-CVP12-05-E- G5	Flexible Incremental Encoder Angled Connector Cable(5m) for SGMGV & SGMSV SAP#: 10003503	79,24€	79,24€
1	JZSP-CVB12Y-05-E- G5	Flexible Angled Connector Brake cable(5m) for SGMGV & SGMSV SAP#: 10003488	64,29€	64,29€
1	PEI1090005- SMGV09	REDUCTOR PLANETARIO APEX PEI1090 REL.05 P0411403404 / AD-PE2-S19-M130-4 Adaptado para servo YASKAWA SGMGV-09D	288,83€	288,83€
** AXIS Y **				
1	SGDV-1R9DE1A	Sigma 5 Servo Amplifier 0.50kW 3ph 400V Other Network Rotary SAP#: 100-042-780	460,92€	460,92€

Base de Precios: Nuestros precios son netos sin IVA a portes debidos y no se incluye seguro de transporte.
 Validez: Esta oferta es valida durante 30 dias.
 Plazo de entrega: A concretar.
 Forma de pago: Transferencia anticipada.
 Cond. Venta: Véase condiciones generales de venta.

Pág. 1

YASKAWA Ibérica, S.L.U. - Avda. Cerdanyola, 98 - 08173 Sant Cugat del Vallès - Tel: +34 93 583 1504 - Fax: +34 93 583 1782 - www.yaskawa.es

Il·lustració A 70. Factura dels servomotors 1/3



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
 BARCELONATECH
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



YASKAWA

Cant.	Artículo	Descripción	Unitario	Total
1	RF 3004-SG5	Noise Filter for Sigma-5 for SGD-1R9D - 5R4D Type 400V Servo Amplifier SAP#: 10004315	41,00€	41,00€
1	SGMGV-05DDA6H	AC Motor 400V 3ph, 0.45kW (2.88Nm rated, 8.92Nm peak) 20bit IncEnc, Flange-mounted DustS + Brake SAP#: 100-089-036	426,58€	426,58€
1	JZSP-CVM41-05-E-G5	Flexible Angle CE05 Power + Brake cable(5m) for SGMGV(0.30-0.45Kw) SAP#: 10003496	73,26€	73,26€
1	JZSP-CVP12-05-E-G5	Flexible Incremental Encoder Angled Connector Cable(5m) for SGMGV & SGMSV SAP#: 10003503	79,24€	79,24€
1	PEI090010-SGMGV05D	REDUCTOR PLANETARIO APEX PEI090 REL.10 P0411401102 / AD-PE2-S19-M90-2 Adaptado para servo YASKAWA SGMGV-05D	288,83€	288,83€
** AXIS Z **				
1	SGDV-3R5DE1A	Sigma 5 Servo Amplifier 1.00kW 3ph 400V Other Network Rotary SAP#: 100-042-781	500,94€	500,94€
1	RF 3004-SG5	Noise Filter for Sigma-5 for SGD-1R9D - 5R4D Type 400V Servo Amplifier SAP#: 10004315	41,00€	41,00€
1	SGMGV-09DDA6H	AC Motor 400V 3ph, 0.85kW (5.39Nm rated, 13.8Nm peak) 20bit IncEnc, Flange-mounted DustS + Brake SAP#: 100-085-732	470,53€	470,53€
1	JZSP-CVMCA11-05-E-G5	Flexible Angled Connector CE05 Power cable(5m) for SGMGV & SGMSV (0.85Kw) SAP#: 10003478	97,18€	97,18€
1	JZSP-CVP12-05-E-G5	Flexible Incremental Encoder Angled Connector Cable(5m) for SGMGV & SGMSV SAP#: 10003503	79,24€	79,24€
1	JZSP-CVB12Y-05-E-G5	Flexible Angled Connector Brake cable(5m) for SGMGV & SGMSV SAP#: 10003468	64,29€	64,29€
1	PEI090005-SMGV09	REDUCTOR PLANETARIO APEX PEI090 REL.05 P0411403404 / AD-PE2-S19-M130-4 Adaptado para servo YASKAWA SGMGV-09D	288,83€	288,83€
1	NR-0.5-120	Braking Resistor 0.5 kW, 120 Ohm	50,31€	50,31€
** SERVOPACKS ACCESORIES **				

Base de Precios: Nuestros precios son netos sin IVA a portes debidos y no se incluye seguro de transporte.
 Validez: Esta oferta es válida durante 30 días.
 Plazo de entrega: A concretar.
 Forma de pago: Transferencia anticipada.
 Cond. Venta: Véase condiciones generales de venta.

Pág. 2

YASKAWA Ibérica, S.L.U. - Avda. Cerdanyola, 98 - 08173 Sant Cugat del Vallès - Tel: +34 93 583 1504 - Fax: +34 93 583 1782 - www.yaskawa.es

Il·lustració A 71. Factura dels servomotors 2/3



Cant.	Artículo	Descripción	Unitario	Total
3	JZSP-CVH03-03-E-G5	CN8 Cable with connector for safety functions 3m SAP#: 10003473	22,43€	67,29€
3	JZSP-CSI02-1-E	CN1 I/O connector with flying lead cable 1m SAP#: 10003387	36,69€	110,07€
3	SGDV-OCB03A	PROFINET I/F Network Module SAP#: 100-128-963	140,76€	422,28€
3	SGDV-OZA01A	Mounting Kit for Sigma-5 Option Cards SAP#: 10015309	16,45€	49,35€
			Subtotal	5.153,15€
			Portes	
			Total	5.153,15€

Base de Precios: Nuestros precios son netos sin IVA a portes debidos y no se incluye seguro de transporte.
 Validez: Esta oferta es valida durante 30 dias.
 Plazo de entrega: A concretar.
 Forma de pago: Transferencia anticipada.
 Cond. Venta: Véase condiciones generales de venta.

Pág. 3

YASKAWA Ibérica, S.L.U. - Avda. Cerdanyola, 98 - 08173 Sant Cugat del Vallès - Tel: +34 93 583 1504 - Fax: +34 93 583 1782 - www.yaskawa.es

Il·lustració A 72. Factura dels servomotors 2/3



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
 BARCELONATECH
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



ALEX PAEZ GARCÍA
c/ Enric Navarro
08776 Sant Pere de Riudebitlles
Barcelona

A/A: Sr. Álex Paez
Nº OFERTA: OP-180289
FECHA: 16 – 04 – 2018

TRANSPORTADOR DE RODILLOS MOTORIZADO

➤ ESTRUCTURA

- Fabricación del chasis con perfil de aluminio anodizado
- Fijación con escuadras a bancada de paletizador.
- Longitud de 1000mm.
- Ancho útil de 510mm.
- Altura a concretar en función de las necesidades del producto.



➤ RODILLOS

- Rodillos cincados Ø50.
- Posibilidad de inclinación para posicionamiento de caja.
- Traccionados mediante bucles de cadena.

➤ TRACCIÓN

- Motoreductor de 0.18Kw y una velocidad de 5 mt/min.
- Transmisión por bucles de cadena.

➤ OTROS

- Protectores antiatrapamiento.
- Pistón Ref. MGPM32_SO_M9BLS_XC92 a modo de retenedor.

OPERBER C/ Thomas Alva Edison, 67 Pol. Ind. Plans d' Arau. 08787 La Pobla de Claramunt (BCN) Tel. 93 116 08 74 Fax. 93 116 04 97 SITALU
2001 S.L. B-20762738

1

Il·lustració A 73. Factura cinta de rodets 1/2



➤ **COTIZACIÓN**

Valoración económica 2.734 €

➤ **CONDICIONES**

- Portes, instalació elèctrica i muntatge en fàbrica no inclosos.
- Plazo de entrega a concretar según necesidades.
- Forma de pago:
 - 30% a la confirmación del pedido.
 - 30% a la validación de los planos.
 - 40% restante a la validación del equipo en Operber, previo a la entrega.

Esperando que la oferta sea de vuestro interés, nos ponemos a su disposición para la aclaración de cualquier duda o información complementaria.

Reciba cordiales saludos,

Sergi Montañó
647 316 829
sergio@operber.com

OPERBER C/ Thomas Alva Edison, 67 Pol. Ind. Plans d' Arau. 08787 La Pobla de Claramunt (BCN) Tel. 93 116 08 74 Fax. 93 116 04 97 SITALU
2001 S.L. B-20762738

2

Il·lustració A 74. Factura cinta de rodets 2/2



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



Oferta N° 228999
Fecha 21-12-2017

N° Gestión 199658
A la atención Alex Paez
N° Fax 943761644
N° Teléfono 943761236

SITALU 2001 S. L.
 C/.HAITZ ITURRI Nº 6 - POL.SAN LORENZO
 20570 BERGARA
 Guipuzcoa

Representante Valls Vidal, Ivan
Realizada por Ortiz, Juan

--

Cantidad	Descripción	Precio/ud	%Dto	Importe	Plz.Entrega
1,00	CILINDRO GIRO SMC MARCA: SMC	523,66		523,66	3 Semanas apro

REFERENCIA: CDRB1BW100-100D

Importe total: 523,66

Condiciones de venta: GIRO A 60 DIAS + DIA PAGO
Validez de la oferta: 21-01-2018
Iva: NO INCLUIDO
Transportes/Embalajes: NO INCLUIDOS

En la espera de sus prontas noticias, se despide, aprovechando la ocasión para saludarle muy atentamente.

Tel: 93 805 24 34

Fax: 93 805 25 44

email:info@abina.com

Abina, S.L.
 Dep. Comercial

www.abina.com

II·lustració A 75. Factura actuador rotatiu



Central
• Igualada

Delegaciones
• Barcelona
• Lleida
• Olot



Oferta N° 236073
Fecha 09-04-2018

N° Gestión 211097
A la atención Alex Paez
N° Fax 943761644
N° Teléfono 943761236

SITALU 2001 S. L.
C/.HAITZ ITURRI Nº 6 - POL.SAN LORENZO
20570 BERGARA
Guipuzcoa

Representante Valls Vidal, Ivan
Realizada por Ortiz, Juan



Cantidad	Descripción	Precio/ud	%Dto	Importe	Plz.Entrega
4,00	VENTOSA SMC MARCA: SMC	23,19		92,77	5 Dias salvo ven
1,00	EVECTOR DE VACIO MARCA: SMC	189,59		189,59	3 Semanas apro
1,00	TUBO POLIURETANO FLEXIBLE MARCA: SMC	19,60		19,60	5 Dias salvo ven
4,00	VALVULA RETENCION MARCA: SMC	8,78		35,10	5 Dias salvo ven

Importe total: 337,06

Condiciones de venta: GIRO A 60 DIAS + DIA PAGO
Validez de la oferta: 09-05-2018
Iva: NO INCLUIDO
Transportes/Embalajes: NO INCLUIDOS

En la espera de sus prontas noticias, se despide, aprovechando la ocasión para saludarle muy atentamente.

Abina, S.L.
Dep. Comercial

Tel: 93 805 24 34

Fax: 93 805 25 44

email:info@abina.com

www.abina.com

Il·lustració A 76. Factura sistema de buit



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

ALBARÀ D'ENTREGA

Tekinox

David Vidal Ruiz / 40328818-C
 Orient 2, Bx2, 17242 Girona
 T. 652 041 133 / dvidal@tekinox.es
 www.tekinox.es

OPERBER
 C/ THOMAS ALBA EDISON Nº 76, NAU 4
 POL. IND PLANS D'ARAU
 LA POBLA DE CLARAMUNT (08787) IGUALADA

Data: 30/10/2017
 N. Comanda: OP-172841

Unitat	Descripció	Preu unitat	Total
2	Fabricació de les peces S/P		
	<u>Nº Plànol i Descripció</u>		
1	Ok170001-01-0002-Platina Carro 90x90	49,08€	49,08€
1	Ok170001-01-0003-Platina Carro 45x90	50,28€	50,28€

Acabat Sorrejat i lacat

Muntatge no inclòs
 Transport a la nova fàbrica inclòs

Total 99,36 €

IVA vigent no inclòs


TEKINOX/DAVID VIDAL RUIZ
 GIRONA/08787 2º 17242
 05/10/2017

Enginyeria en Disseny Industrial / David Vidal Ruiz / T. 652 041 133 / dvidal@tekinox.es / www.tekinox.es

II-lustració A 77. Factura platines d'unió 1 i 2



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
 BARCELONATECH
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



Carrer Les Comes, 48
08700 - IGUALADA
Tel. 938796252

www.adncomercial.net
comercial@adncomercial.net
CIF: B66496688

SITALU 2001, S.L.
C/ HAITZ ITURRI, 6 - P.I. SANT LORENZO
20570 BERGARA
GUIPUZCOA - España CIF : B20762738

Entregar en: 01
SITALU 2001, S.L.
C/ HAITZ ITURRI, 6 - P.I. SANT LORENZO
20570 BERGARA **BARCELONA**

Nº Albarán: OF17/505 Fecha: 24/10/2017 Nº Cliente: 15029 TRANSPORTISTA
Pedido cliente: BULTOS 1

Ref.	Descripción	Un	Precio	% Dto.	Total
	OP 172761				
OK170001-01-0004	EJE MOTRIZ LARGO 1	1,00	79,3600		79,36 E
OK170001-01-0005	EJE MOTRIZ LARGO 2	1,00	58,8600		58,86 E
OK170001-01-0006	EJE MOTRIZ GUIA LINEAL 90X90	1,00	68,6700		68,67 E

Observaciones:

TOTAL ALBARÁN

206,89 E

I.V.A. NO INCLUIDO

Il·lustració A 78. Factura eixos motrius



Camí de la Serra Barona s/n
08213 Polinyà
Telf : 93 713 50 85 Fax : 93 713 31 91
Email : laser@goded.com



PRESUPUESTO : 177.182

A LA ATENCION DE ALEX PAEZ
REVISADO POR OSCAR
FECHA 22/Mar/2018
PLAZO ENTREGA A CONVENIR
SU OFERTA N°

SITALU 2001 SL
HAITZ ITURRI 6 P.I. SAN LORENZO
20570-BERGARA
Telf. 943 76 12 36 Fax. 943761644

MUY SRES NUESTROS : POR LA PRESENTE LES REMITIMOS NUESTRA MEJOR OFERTA.

PAGINA 1 de 1

UNID	LARGO	ANCHO	ALTO	DIAMT	ESP.	CALIDAD	REFERENCIA CLIENTE	PRECIO
1 Ud. LASER	1.234	455			1,5	INOX 304 2B	OK170001-01-0008	33,01 Unid
1 Ud. LASER	260	240			8,0	ALUMINIO	OK170001-01-0008	30,98 Unid
1 Ud. LASER	729	155			8,0	INOX 304 L.C.	OK170001-01-0007	42,32 Unid
2 Ud. LASER	200	80			12	ALUMINIO	OK170001-01-0010	58,00 Unid

VALOR PRESUPUESTO (Portes, Financiación, I.V.A. no incluido)

222,31

UTILICE NUESTRO SERVICIO URGENTE 24 HORAS

*** ROGAMOS INDIQUEN NUESTRO NUMERO DE PRESUPUESTO EN CASO DE ACEPTACION DEL PEDIDO ***

*** EL PRECIO SOLO SERA VALIDO PARA LA TOTALIDAD DEL PRESUPUESTO ***

VALIDEZ OFERTA 5 DIAS, SALVO VENTA

Aceptación Cliente

Il·lustració A 79. Factura peces de làser



MECANITZATS ZAMEC, S.L.
C/ Gran Bretaña, 8 nave 4 izq.
08700 Igualada
Barcelona
863731376
93 803 13 04

Sitalu 2001 S.L.
Haitz Iturri, 6 Pol. Ind. San Lorenzo
20570 Bergara
GUIPUZCOA

PRESUPUESTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
	002508	1	09/04/2018

N.I.F.
B20762738

CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIDAD
ATT Sr. ALEX PAEZ:			
1		OK170001-01-0017 Adaptador para M050	32,18
3		OK170001-01-0018 Adaptador para Servo	146,28
1		OK170001-01-0011 Eje motriz Z	61,25
1		OK170001-01-0012 Eje servo Z	58,35
1		OK170001-01-0013 Eje servo Y	68,70
1		OK170001-01-0014 Eje servo X1	79,36
2		OK170001-01-0016 Adaptador para M045	32,18

OBSERVACIONES:

TOTAL: 803,04

60 días - Recibo	ACEPTACIÓN: Firma y Sello
------------------	---------------------------

II-lustració A 80. Factura eixos i adaptadors



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

J. FERNANDEZ



PLANCHISTA INDUSTRIAL S.L.

**Pintura industrial.
Arenados y pulidos
en toda clase de metales.**

PRESUPUESTO

ATT. ÁLEX PAEZ

J.Fernandez Planchista Industrial
J. FERNANDEZ - Pintura Industrial
C/. Garrotxa, 68 - Pol. La Bruguera
08211 Castellar del Valles
Tel. 937143159

e-Mail info@jfernandezindustrial.es
C.I.F. B-62084868

Número	Fecha	Válido Hasta	Referencia
180007	10/04/2018	30/04/2018	

Cantidad	Código	Artículo	Precio	IVA	Subtotal
1		CONJUNTO CHAPAS CHORREAR Y LACAR OK170001-01-0002 OK170001-01-0003 OK170001-01-0007 OK170001-01-0008 OK170001-01-0009 OK170001-01-0016 OK170001-01-0017 OK170001-01-0018	80,00	21,00	80,00

8

Subtotal 80,00

Descuento	Descuento P.Pago	Base Imponible	Importe IVA	Importe R.E.	TOTAL
%		80,00	16.8		96,80 €

Conforme el Cliente

Página 1 / 1

Il·lustració A 81. Factura tractaments



EURO BEARINGS SPAIN, SL
POLIND. "LES GUIXERES"
C/ del Plàstic, 12
08915 Badalona
Barcelona
Tel.: 93 303 78 60
Fax.: 93 303 70 97



Oferta

Solicitada por
SITALU 2001, S.L. (000727) Pol. Ind. Plans d' Arau c/ Thomas A. Edison 76 nave 4 08787 LA POBLA DE CLARAMUNT Barcelona Tel: 647316829

Oferta	Fecha oferta	Divisa	Referencia
18OF-009555	09-04-2018	EUR	

Artículo	Descripción	Cantidad Ofertada	Precio	% Línea	Importe neto	Plazo
13500749	6005-2RS ISB INDIVIDUAL	2,000	1,120000	-20,00	1,79	stock
10200750	6005-2RS FAG	2,000	17,160000	-84,00	5,49	stock

Total Oferta	7,28
---------------------	-------------

Toni Sánchez

Les recordamos que la Tarifa SKF ha aumentado un 4%.

SERVICIO ININTERRUMPIDO DE 13h. A 15h. EN EL TELF. 93 497 21 04

Oferta valida 10 días - Importe mínimo albarán 30€

Página 1 - 1

II·lustració A 82. Factura rodaments



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



TRACEN **TRANSMISIONES CENTELLES, S.L.**

Polígono Industrial La Gavarra
Ronda Font Grossa, 43
08540 CENTELLES (Barcelona)
Telf. 93 881 02 99 - Fax 93 881 03 28
www.tracensl.com / e-mail: info@tracensl.com

Cadenas - piñones de cadena - chumelas- discos de cadena-
husillos y tuercas - husillos laminados - vís sin fines y coronas-
engranajes rectos, espirales y cónicos - acoplamientos -
juntas universales y telescópicas - ejes y cubos estrados -
tensores - poleas dentadas - casquillos cónicos tapers lock -
correas dentadas - construcción de todo tipo de piezas bajo plano o muestra -

SITALU 2001 S.L (OPERBER)

CL. HAITZ ITURRI, 6, POL.IND SAN LORENZO
20570 BERGARA
GUIPUZCOA

CIF/NIF: B20762738

STOCK POLEAS DENTADAS

STOCK POLEAS TRAPECIALES

Nº oferta	Fecha	Cliente	Portes
113257	09/04/2018	2491	DEBIDOS

Código	Unidades	Descripción	PVP	% Dto.	Total
SR60V	3,00	ACOPLAMIENTO SR-60 VULKOLLAN	47,77	50	71,66
02	1,00	Plaç immediat s/v	0,00	50	0,00

Doc. de pago	
Forma Pago	A CONVENIR

Base imponible	IVA	TOTAL OFERTA
71,66	15,05	86,71

Nº FAX: 93 116 04 97

En los plazos de entrega solo cuentan los días laborables.

II-lustració A 83. Factura acoblaments SR-60





TRACEN **TRANSMISIONES CENTELLES, S.L.**

Polígono Industrial La Gavarra
Ronda Font Grossa, 43
08540 CENTELLES (Barcelona)
Telf. 93 881 02 99 - Fax 93 881 03 28
www.tracensi.com / e-mail: info@tracensi.com

Cadenas - piñones de cadena - chumelas- discos de cadena-
husillos y tuercas - husillos laminados - vis sin fines y coronas-
engranajes rectos, espirales y cónicos - acoplamientos -
juntas universales y telescópicas - ejes y cubos estriados -
tensores - poleas dentadas - casquillos cónicos tapers lock -
correas dentadas - construcción de todo tipo de piezas bajo plano o muestra -

SITALU 2001 S.L (OPERBER)

C/ THOMAS ALVA EDISSON,76 NAVE 4
08787 LA POBLA DE CLARAMUNT
BARCELONA
CIF/NIF: B20762738



Nº Albarán	Fecha	Cliente	Transporte
298121	25/10/2017	2491	M.R.W.

RECOGE	VERIFICA	EMBALA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Código	Unidades	Descripción	PVP	% Dto.	Total
SE75C	1,00	ACOPLAMIENTO SE-75 CAUCHO	102,47	50	51,24

Doc. de pago	Recibo
Forma Pago	60 días

Base imponible	IVA	TOTAL ALBARÁN
51,24	10,76	62

Nº FAX:

Transcurridos 15 días no se admiten reclamaciones.

Inscrita en el Registro Mercantil de Barcelona, tomo 30617, folio 73, hoja B-176293, inscripción 2 - N.I.F.: B 61.641.973

II-lustració A 84. Factura acoblament SE75



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



HOHNER AUTOMÁTICOS, S.L.
C/ Sant Francesc, s/n - P.I. Cal Batlle
17400 Breda (GIRONA) Spain
Tel: +34 972 160 017
Fax: +34 972 160 230
info@encoderhohner.com
www.encoderhohner.com



OFERTA			
Nº de oferta	Nº Presupuesto	Fecha creación	Compañía
2395	1	23/11/2017	14329

Att.
OPERBER SOLUCIONES
C/ Thomas Alva Edison, 67,
08787 Poble de Claramunt (La)

Descripción	Cantidad	Precio	% Dto.	Importe €
CABEZAL MAGNÉTICO MSA-M10528V-S7-M08 / PROTOCOLO SSI	3,00	338,54	28,00	731,25
BANDA MAGNÉTICA ABSOLUTA CSM-A / Precio metro	1,00	141,66	25,00	106,24

PLAZO DE ENTREGA INMEDIATO

IVA NO INCLUIDO

C.I.F. B17066382 Vat. nº ESB17066382 Domic. Fiscal: Breda (Girona) Reg. Merc. Girona, Hoja 5129, Folio 51, Tomo 351, Libro 262, Sección 3ª



Il·lustració A 85. Factura detectors magnètics



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



OPERBER S.L.

Pol. Ind. d'Arau. C/Thomas Alva Edison, 67
08787 La Pobla de Claramunt
Tel. 931 160 874 Fax. 931 160 497
info@operber.com www.operber.com

PEDIDO PROVEEDOR
OP 173655/ OK170001
FECHA 27/10/17
FECHA ENTREGA : 31/10/17
NOTA:

PROVEEDOR: 40000028 **PÁG.** 1
MECANITZATS ZAMEC S.L.
A / A :
Pol. Ind. Les Comes. C/ Gran Bretaña, 8
08700 IGUALADA
(BARCELONA)
TELF. 938 031 304

Solicitamos pedido del material seguidamente detallado.

REF.	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO	DTO.	IMPORTE
MEC	Mecanizar Eje en Cubo Acoplamiento SE-75 Ø25 + ch	2,0000	19,800		39,60

PORTES PAGADOS

TOTAL IMP.	%	IMPORTE	BASE	%	IVA	%	REC.	TOTAL PED. (€)
39,60			39,60	21,00	8,32			47,92

Forma de Pago: GIRO 60 DIAS. 10 Y 25

Reciba un cordial saludo:
Dpto. Compras.

II·lustració A 86. Factura mecanitzar acoblaments



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



OPERBER S.L.

Pol. Ind. d'Arau. C/Thomas Alva Edison, 67
08787 La Pobla de Claramunt
Tel. 931 160 874 Fax. 931 160 497
info@operber.com www.operber.com

PEDIDO PROVEEDOR

OP 173499/

FECHA 17/10/17

FECHA ENTREGA : 23/10/17

NOTA: PULMONK

PROVEEDOR: 40000039

PÁG. 1

ALU-STOCK S.A.

A / A :

Pol. Ind. Sesrovires. C/ Marconi 13
08635 SANT ESTEVE DE SESROVIRES
(BARCELONA)
TELF. 935 444 600

Solicitamos pedido del material seguidamente detallado.

REF.	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO	DTO.	IMPORTE
	Mt. Pletina Aluminio 25x3mm	6,0000			
	PORTES X MATERIAL	1,0000	17,420		17,42

PORTES PAGADOS

TOTAL IMP.	%	IMPORTE	BASE	%	IVA	%	REC.	TOTAL PED. (€)
17,42			17,42	21,00	3,66			21,08

Forma de Pago: GIRO 60 DIAS. 10 Y 25

Reciba un cordial saludo:
Dpto. Compras.

Il·lustració A 87. Factura platines d'alumini



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

A4.1. Programació



Valoración según opciones:

- Un solo formato, con Terminal de operador de 9".
 - Armario de control..... 13.970 €
 - Instalación eléctrica 4.185 €
 - Esquemas eléctricos y Programas 7.840 €
 - Puesta en marcha 1.390 €
 - TOTAL 27.385 €

 - 20 formatos, con Terminal de operador de 12".
 - Armario de control..... 14.240 €
 - Instalación eléctrica 4.185 €
 - Esquemas eléctricos y Programas 8.210 €
 - Puesta en marcha 1.850 €
 - TOTAL 28.485 €

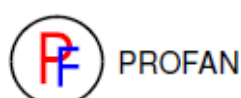
 - Formatos ilimitados, con PC Industrial de 15".
 - Armario de control..... 14.960 €
 - Instalación eléctrica 4.185 €
 - Esquemas eléctricos y Programas 13.490 €
 - Puesta en marcha 2.315 €
 - TOTAL 34.950 €
-
- Validez de la oferta: 3 meses
 - Condiciones de pago: habituales
 - Plazo de entrega: pendiente definir
 - I.V.A. no incluido.

OFICINA BARCELONA: Almería, 114 08640 Olesa de Montserrat (BCN) TEL. 93 778 06 38

Il·lustració A 88. Factura programació model amb motoreductors



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



Valoración según opciones:

- Un solo formato, con Terminal de operador de 9".
 - Armario de control..... 11.460 €
 - Instalación eléctrica 3.495 €
 - Esquemas eléctricos y Programas 6.610 €
 - Puesta en marcha 1.390 €
 - TOTAL 22.955 €

- 20 formatos, con Terminal de operador de 12".
 - Armario de control..... 11.730 €
 - Instalación eléctrica 3.495 €
 - Esquemas eléctricos y Programas 6.980 €
 - Puesta en marcha 1.850 €
 - TOTAL 24.055 €

- Formatos ilimitados, con PC Industrial de 15".
 - Armario de control..... 12.450 €
 - Instalación eléctrica 3.495 €
 - Esquemas eléctricos y Programas 12.260 €
 - Puesta en marcha 2.315 €
 - TOTAL 30.520 €

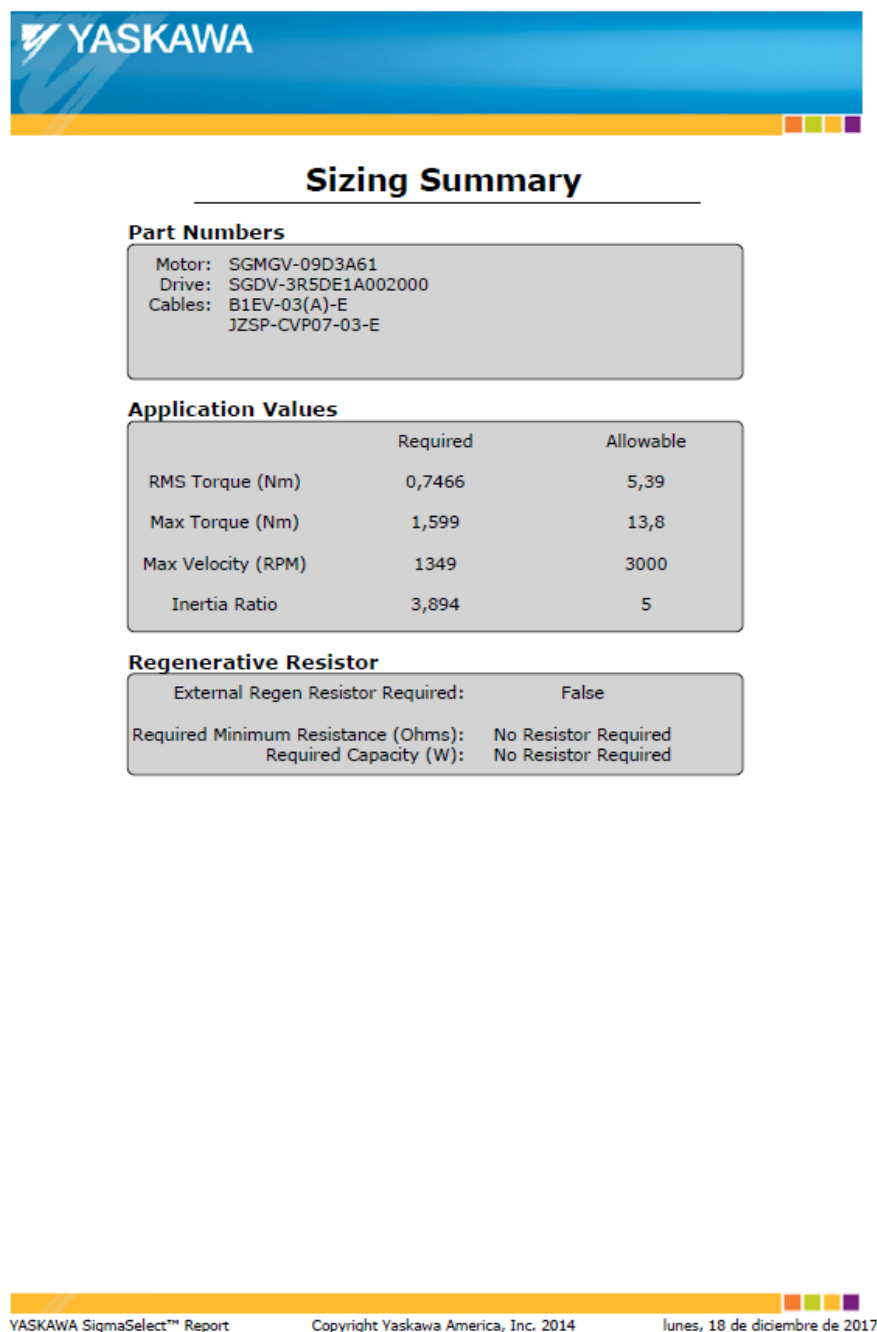
- Validez de la oferta: 3 meses
- Condiciones de pago: habituales
- Plazo de entrega: pendiente definir
- I.V.A. no incluido.

OFICINA BARCELONA: Almería, 114 08640 Olesa de Montserrat (BCN) TEL. 93 778 06 38

II·lustració A 89. Factura programació model amb servomotors

A5. Resultats dels càlculs realitzats amb softwares

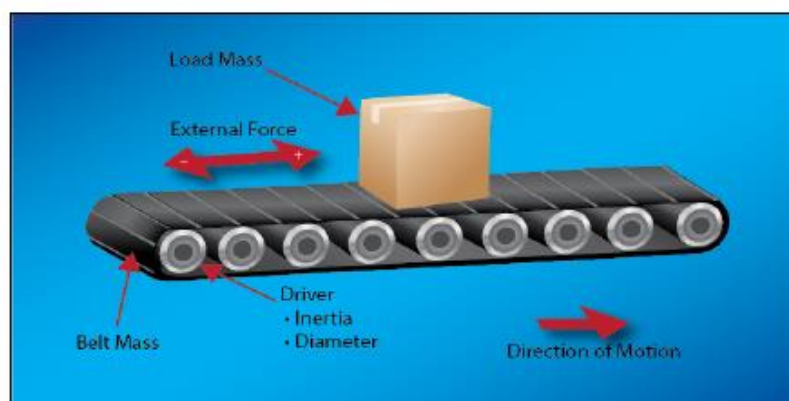
A5.1. Càlcul servomotor eix X



Il·lustració A 90. Càlcul servomotor eix X 1/4



Mechanical Information



Load Mass	15	kg
External Force	10	N
Friction Coeff.	0	N
Inclination	0	deg

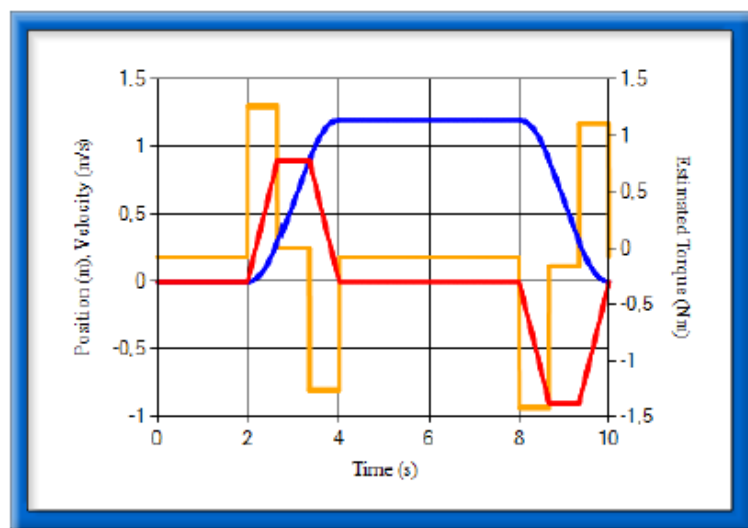
Driver Pitch Diameter	63,7	mm
Belt Mass	92	kg
Driver/Idler Inertia	0	kg·m ²
Efficiency	0,9	

Gear Ratio	5	
Reflected Inertia of Transmission	4,73E-05	kg·m ²
Additional Torque	0	N·m
Efficiency	0,9	

II·lustració A 91. Càlcul servomotor eix X 2/4



Move Profile



Move Type	Time (s)	Position (m)	Added Torque (m)
Dwell/Traverse	2	0	0
Trapezoid	4	1,2	0
Dwell/Traverse	8	1,2	0
Trapezoid	10	0	0

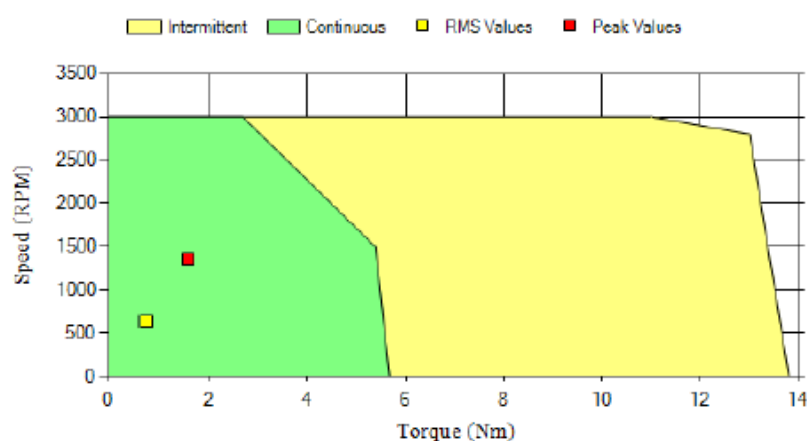
Il·lustració A 92. Càlcul servomotor eix X 3/4



Motor Information

	Motor:	Application:
Motor Part No.:	SGMGV-09D-A	
Motor Voltage:	400VAC	
IP Rating:	IP67	
Rated Output:	0,85 kW	
Rated Torque:	5,39 Nm	0,747 Nm
Max Torque:	13,8 Nm	1,5 Nm
Rated Current:	3,5 A	
Max Current:	8,5 A	
Rated Speed:	1500 RPM	636 RPM
Max Speed:	3000 RPM	1349 RPM
Torque Constant:	1,72 Nm/A	
Rotor Inertia:	13,9E-4 kg·m ²	
Power Rate:	20,9 kW/s	
Rated Acceleration:	3000 rad/s ²	
Reflected Inertia:		0,00541 kg·m ²
Allowed Inertia Ratio:	5	3,89

Torque/Speed Curve



A5.2. Càlcul servomotor eix Y



Sizing Summary

Part Numbers

Motor: SGMGV-05D3A61
 Drive: SGDV-1R9D01A002000
 Cables: JZSP-CVP07-03-E

Application Values

	Required	Allowable
RMS Torque (Nm)	0,1101	2,86
Max Torque (Nm)	0,2729	8,92
Max Velocity (RPM)	899,5	3000
Inertia Ratio	3,129	5

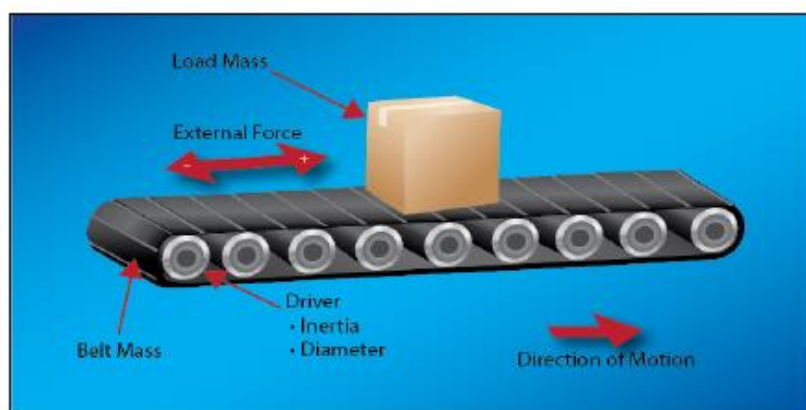
Regenerative Resistor

External Regen Resistor Required:	False
Required Minimum Resistance (Ohms):	No Resistor Required
Required Capacity (W):	No Resistor Required

Il·lustració A 94. Càlcul servomotor eix Y 1/4



Mechanical Information



Load Mass	15	kg
External Force	10	N
Friction Coeff.	0	N
Inclination	0	deg

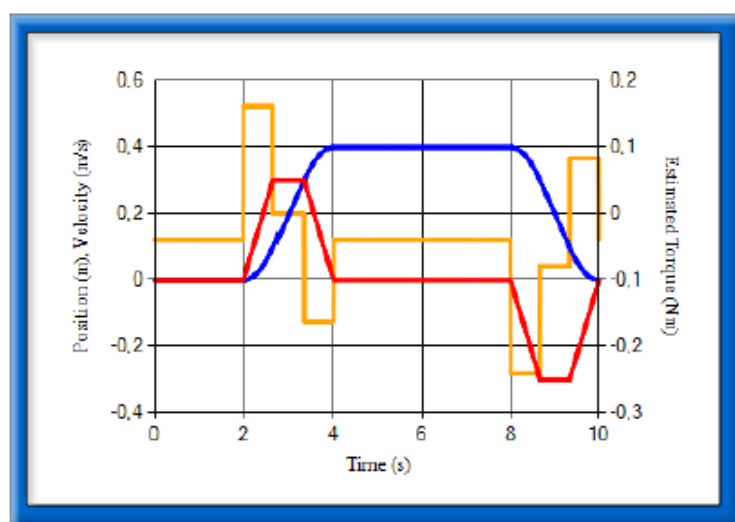
Driver Pitch Diameter	63,7	mm
Belt Mass	64	kg
Driver/Idler Inertia	0	kg·m ²
Efficiency	0,9	

Gear Ratio	10	
Reflected Inertia of Transmission	4,73E-05	kg·m ²
Additional Torque	0	N·m
Efficiency	0,9	

II·lustració A 95. Càlcul servomotor eix Y 2/4



Move Profile



Move Type	Time (s)	Position (m)	Added Torque (m)
Dwell/Traverse	2	0	0
Trapezoid	4	0,4	0
Dwell/Traverse	8	0,4	0
Trapezoid	10	0	0

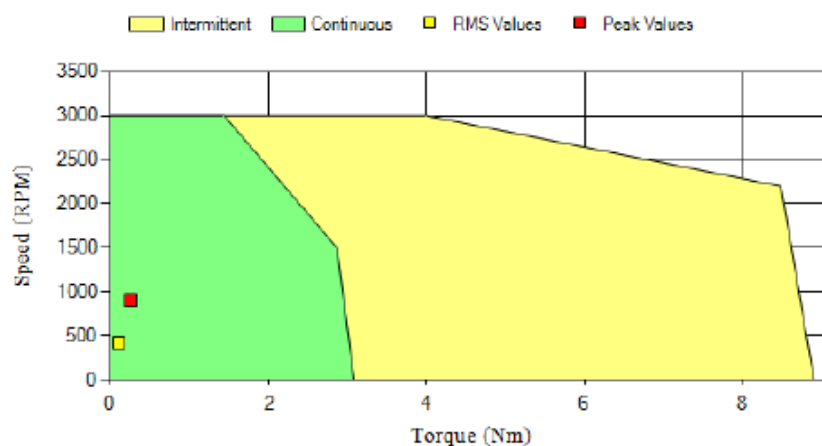
Il·lustració A 96. Càlcul servomotor eix Y 3/4



Motor Information

	Motor:	Application:
Motor Part No.:	SGMGV-05D1A	
Motor Voltage:	400VAC	
IP Rating:	IP67	
Rated Output:	0,45 kW	
Rated Torque:	2,86 Nm	0,11 Nm
Max Torque:	8,92 Nm	0,273 Nm
Rated Current:	1,9 A	
Max Current:	5,5 A	
Rated Speed:	1500 RPM	424 RPM
Max Speed:	3000 RPM	899,5 RPM
Torque Constant:	1,71 Nm/A	
Rotor Inertia:	3,33E-4 kg·m²	
Power Rate:	24,6 k·W/s	
Rated Acceleration:	8590 rad/s²	
Reflected Inertia:		0,00104 kg·m²
Allowed Inertia Ratio:	5	3,13

Torque/Speed Curve



Il·lustració A 97. Càlcul servomotor eix Y 4/4

A5.3. Càlcul servomotor eix Z



Sizing Summary

Part Numbers

Motor: SGMGV-09D3A6E
 Drive: SGDV-3R5DE1A002000
 Cables: B1EV-03(A)-E
 JZSP-CVP02-05-E

Application Values

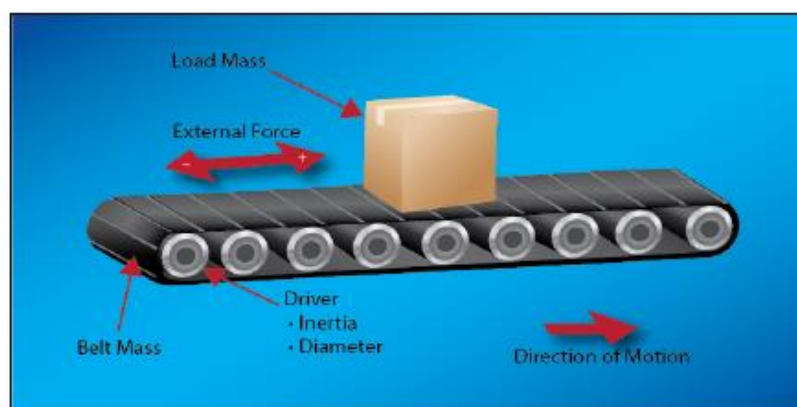
	Required	Allowable
RMS Torque (Nm)	3,824	5,39
Max Torque (Nm)	5,161	13,8
Max Velocity (RPM)	1499	3000
Inertia Ratio	0	5

Regenerative Resistor

External Regen Resistor Required:	True
Required Minimum Resistance (Ohms):	73
Required Capacity (W):	258



Mechanical Information



Load Mass	15	kg
External Force	10	N
Friction Coeff.	0	N
Inclination	90	deg

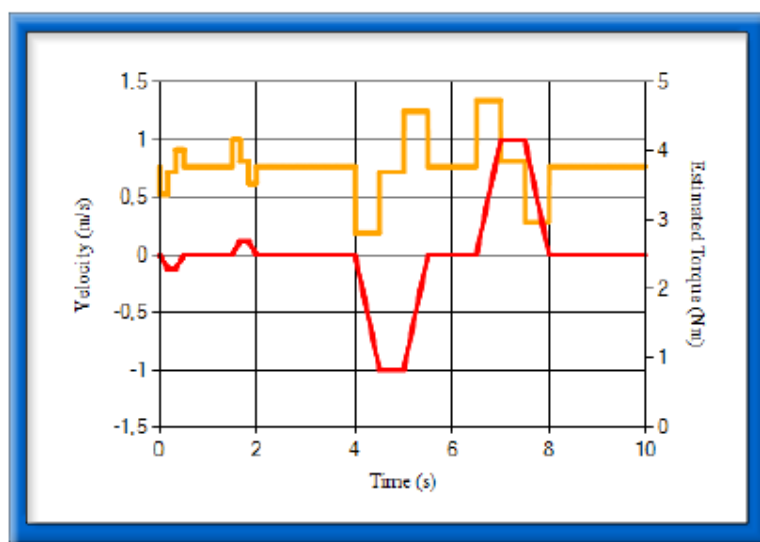
Driver Pitch Diameter	63,7	mm
Belt Mass	35	kg
Driver/Idler Inertia	0	kg·m ²
Efficiency	0,9	

Gear Ratio	5	
Reflected Inertia of Transmission	4,73E-05	kg·m ²
Additional Torque	0	N·m
Efficiency	0,9	

Counter Weight Mass	0	kg
Thrust in Ascending	0	N
Thrust in Descending	0	N



Move Profile



Move Type	Time (s)	Position (m)	Added Torque (m)
Trapezoid	0,5	-0,04	0
Dwell/Traverse	1,5	-0,04	0
Trapezoid	2	0	0
Dwell/Traverse	4	0	0
Trapezoid	5,5	-1	0
Dwell/Traverse	6,5	-1	0
Trapezoid	8	0	0
Dwell/Traverse	10	0	0

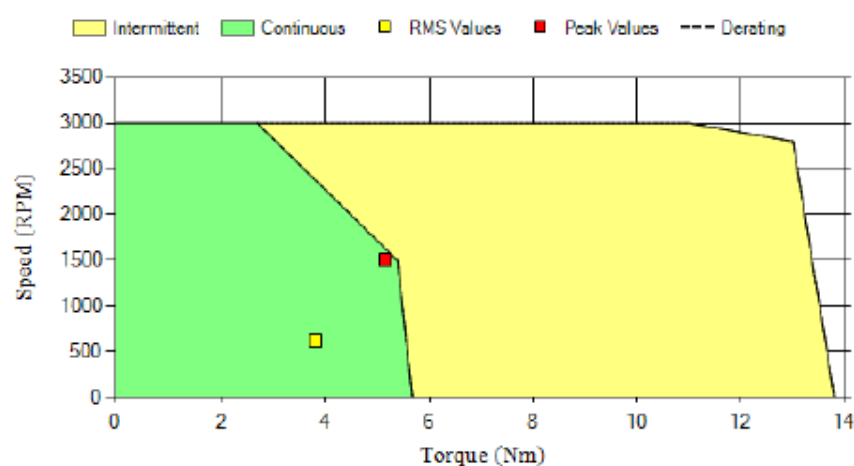
II·lustració A 100. Càlcul servomotor eix Z 3/4



Motor Information

Motor Part No.:	SGMGV-09D-A	Application:
Motor Voltage:	400VAC	
IP Rating:	IP67	
Rated Output:	0,85 kW	
Rated Torque:	5,39 Nm	3,82 Nm
Max Torque:	13,8 Nm	5,16 Nm
Rated Current:	3,5 A	
Max Current:	8,5 A	
Rated Speed:	1500 RPM	613,5 RPM
Max Speed:	3000 RPM	1495 RPM
Torque Constant:	1,72 Nm/A	
Rotor Inertia:	16E-4 kg·m ²	
Power Rate:	20,9 kW/s	
Rated Acceleration:	3880 rad/s ²	
Reflected Inertia:		0,00256 kg·m ²
Allowed Inertia Ratio:	5	1,6

Torque/Speed Curve



A5.4. Càlcul sistema de buit

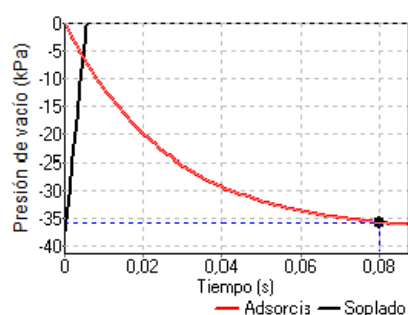
Software de selección del sistema de transferización por vacío v.1.0-Selección de

Título :	Usuario :	Fecha : 2018-04-22
----------	-----------	--------------------

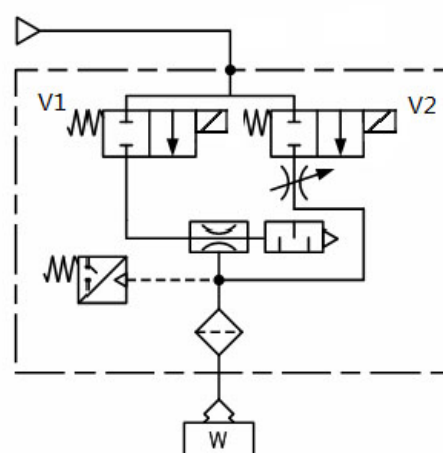
Selecciones el resultado

Modelo	Referencia	Cant.
Ventosa	ZPT63H[]-[]	4
Conexionado	TUS0425[]-[]	1
Eyector	ZK2A12K[][]-08	1
Válvula de alimentación V1		
Válvula de soplado V2		
Válvula de conmutación V3		
Válvula de regulación		

Características del sistema



Circuito



Nota: El diagrama del circuito depende del modelo seleccionado. Por favor consulte el catálogo de la serie seleccionada.

Tiempo de respuesta de	0,080 s
Factor seguridad:	3,19
Tiempo de soplado:	0,006 s
Presión de vacío máx.:	-37,6 kPa
Presión de alimentación estándar:	0,350 MPa
Consumo de aire:	58,00 L/min(ANR)
Presión de vacío esperada:	

Introduzca los valores

Tiempo de respuesta de adsorción: 0,50 s
 Tipo de elevación: Horizontal
 Factor seguridad: 4
 masa de la pieza: 15,000 kg
 Presión de bomba de vacío:
 Presión soplado:
 Presión de vacío requerida:
 Selecciones el tipo de ventosa: Por el usuario
 Fuga (para una ventosa): 2,82 L/min(ANR)
 Longitud conexonado: 1,0 m

Comentario:

Il·lustració A 102. Càlcul sistema de buit

A5.5. Càlcul actuator de gir

SMC Design Support Software Unidad : SI Language : Español
Región : Europa País (Región) : España

Software de selección de actuadores de giro

Selección de la aplicación
Selección de la forma de la carga
Introduzca las condiciones de carga
Introduzca las condiciones de trabajo
Selección de serie
Selección de la referencia
Resultados de la selección del modelo

Resultados de la selección del modelo

MSQB Modelo básico MSQB100R-[]

Características

Fluido: Aire (Sin lubricación)

Tamaño del puerto: Rc1/8

Volumen interior VA: 74,7 cm³

Peso básico del cuerpo: 4,100 g

Tipo: Doble piñón-cremallera

Amortiguación: Amortiguador hidráulico

Tamaño: 100

Ángulo de giro: 190°

Imán: Imán incorporado / Con unidad de detección magnética (el detector magnético se puede montar)

Posición de conexión: Conexión extremo

Entrada de condiciones

Aplicación: Giro + Amarre

Orientación del montaje: Horizontal descendente

Método de definición de la forma de la carga: Selección y definición de la forma.

Tipo de forma de carga: Forma simple

Centro de rotación y de gravedad de carga: El centro de rotación y el de carga no son iguales.

Forma de la carga: Placa rectangular fina 1

Masa m: 25,000 kg

Distancia La entre el centro de rotación y el centro de gravedad de la carga: 62,5 mm

Longitud a: 240,0 mm

Longitud b: 260,0 mm

Fuerza de amarre F: 10,000 N

Distancia Ld entre eje de rotación y posición de amarre: 62,5 mm

Ángulo de giro: 90,0 °

Tiempo de giro: 1,000 s

Presión de alimentación: 0,60 MPa

Temperatura ambiente: 20 °C

Cojinete externo: Uso

Tope externo: Amortiguador hidráulico

Resultados del cálculo

Elementos	Unidad	Valores de entrada / Valores calculados	Rango admisible
Temperatura ambiente	°C	20	0~60
Presión de alimentación	MPa	0,60	0,1~0,6
Tiempo de giro	s/90°	1	0,2~1
Ángulo de giro	°	90,0	0~190
Momento requerido	N·m	11,262	0~12,2
Carga M	N·m	15,3125	
Carga Fr	N	0	
Carga Fsa	N	0	
Carga Fsb	N	245	
Energía cinética	J	1,7690722	
Momento de inercia I	kg·m ²	0,35848958	

Precauciones

* Peso básico del cuerpo: sin contar el peso del detector magnético, la unidad de detección y la unidad de ajuste del ángulo.

* La energía cinética admisible del modelo con amortiguación es la máxima absorción de energía cuando se optimiza el ajuste del tornillo de regulación.

* Disponible con condiciones

Fuera del rango permisible de la energía cinética y de la carga.

Instale el tamaño de amortiguador adecuado cuando seleccione ninguno o tope en el mecanismo de amortiguación externo.

Cuando se selecciona el amortiguador en el mecanismo de amortiguación externo: Instale el tamaño de amortiguador apropiado para que el total de la energía cinética admisible de la energía rotatoria y la energía de absorción del amortiguador sea mayor que la energía cinética.

Nota 1: Cuando instale el tope y el amortiguador con el mecanismos de amortiguación externo, vea la sección de precauciones en el catálogo antes de su instalación.

Nota 2: Cuando instale el amortiguador, por favor use el perno de ajuste. Cuando el perno de ajuste se para en mitad de la carrera de amortiguación, la capacidad de absorción de la energía cinética del amortiguador puede disminuir. Instale un amortiguador de un tamaño adecuado.

Nota 3: Para productos con amortiguación neumática, cuando se detiene con un amortiguador en mitad del proceso de amortiguación, la capacidad de absorción de la energía cinética de la amortiguación neumática puede disminuir. la capacidad de absorción de la energía cinética puede disminuir. Instale un amortiguador de tamaño adecuado

Il·lustració A 103. Càlcul actuator de gir

Índex d'imatges

Il·lustració A 1. Simplificació dels esforços en l'eix Z	14
Il·lustració A 2. Simplificació dels esforços en l'eix Y	17
Il·lustració A 3. Simplificació dels esforços en l'eix X	19
Il·lustració A 4. Assaig per calcular el fregament dels actuadors lineals	22
Il·lustració A 5. Seccions crítiques de l'eix de l'actuador Z	25
Il·lustració A 6. Seccions crítiques de l'eix de l'actuador Y	35
Il·lustració A 7. Seccions crítiques de l'eix X1	42
Il·lustració A 8. Diagrama de moments flectors de l'eix X1	49
Il·lustració A 9. Seccions crítiques de l'eix X2	52
Il·lustració A 10. Diagrama de moments flectors de l'eix X2	57
Il·lustració A 11. Seccions crítiques de l'eix Z	60
Il·lustració A 12. Seccions crítiques de l'eix Y	67
Il·lustració A 13. Seccions crítiques de l'eix X1	74
Il·lustració A 14. Diagrama de moments flectors de l'eix X1	81
Il·lustració A 15. Seccions crítiques de l'eix X2	84
Il·lustració A 16. Possibles posicions de muntatge del sistema de buit	93
Il·lustració A 17. Tensions de Von Mises per a la platina d'unió 1	99
Il·lustració A 18. Desplaçaments per a la platina d'unió 1	100
Il·lustració A 19. Tensions de Von Mises per a la platina d'unió 2	100
Il·lustració A 20. Desplaçaments per a la platina d'unió 2	101
Il·lustració A 21. Tensions de Von Mises per l'eix de l'actuador Z	101
Il·lustració A 22. Tensions de Von Mises per l'eix de l'actuador Y	102
Il·lustració A 23. Tensions de Von Mises per l'eix X1 de l'actuador X	102

Il·lustració A 24. Desplaçaments per l'eix X1 de l'actuador X _____	103
Il·lustració A 25. Tensions de Von Misses per l'eix X2 de l'actuador X _____	103
Il·lustració A 26. Desplaçaments per l'eix X2 de l'actuador X _____	104
Il·lustració A 27. Tensions de Von Misses per l'eix de l'actuador Z _____	105
Il·lustració A 28. Tensions de Von Misses per l'eix de l'actuador Y _____	105
Il·lustració A 29. Tensions de Von Misses per l'eix X1 de l'actuador X _____	106
Il·lustració A 30. Desplaçaments per l'eix X1 de l'actuador X _____	106
Il·lustració A 31. Tensions de Von Misses per l'eix X2 de l'actuador X _____	107
Il·lustració A 32. Desplaçaments per l'eix X2 de l'actuador X _____	107
Il·lustració A 33. Tensions de Von Misses de l'adaptador pel motoreductor de mida 50 _____	108
Il·lustració A 34. Tensions de Von Misses dels adaptadors pels motoreductors de mida 45 _____	109
Il·lustració A 35. Tensions de Von Misses dels adaptadors pels servomotors Z i X _____	110
Il·lustració A 36. Desplaçaments dels adaptadors pels servomotors Z i X _____	110
Il·lustració A 37. Tensions de Von Misses de l'adaptador pel servomotor Y _____	111
Il·lustració A 38. Tensions de Von Misses de la placa d'unió entre l'actuador de gir i les ventoses _____	112
Il·lustració A 39. Desplaçaments de la placa d'unió entre l'actuador de gir i les ventoses _____	112
Il·lustració A 40. Tensions de Von Misses de la placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador Z _____	113
Il·lustració A 41. Desplaçaments de la placa d'unió entre l'actuador de gir i l'actuador Z _____	114
Il·lustració A 42. Tensions de Von Misses de l'esquadra de fixació a terra _____	115
Il·lustració A 43. Desplaçaments de l'esquadra de fixació a terra _____	116
Il·lustració A 44. Pantalla principal d'inici _____	118
Il·lustració A 45. Pantalla de consulta de l'estat del paletitzat _____	119
Il·lustració A 46. Informació del paletitzat _____	120
Il·lustració A 47. Informació del mosaic del paletitzat _____	120

Il·lustració A 48. Informació la posició dels eixos _____	121
Il·lustració A 49. Finestra per seleccionar el format a carregar _____	121
Il·lustració A 50. Finestra d'avís de transferència _____	122
Il·lustració A 51. Finestra de canvi d'estat _____	123
Il·lustració A 52. Avís de les claus d'automàtic _____	124
Il·lustració A 53. Pantalla per dissenyar formats _____	125
Il·lustració A 54. Pantalla de disseny d'un nou format _____	126
Il·lustració A 55. Pantalla per buscar un format existent _____	126
Il·lustració A 56. Pantalla de selecció de tipus _____	127
Il·lustració A 57. Pantalla de la distribució de les caixes _____	128
Il·lustració A 58. Botons per editar un mosaic _____	129
Il·lustració A 59. Mosaic en vista 2D _____	129
Il·lustració A 60. Finestra de caixa actual _____	130
Il·lustració A 61. Finestra d'ajustaments _____	130
Il·lustració A 62. Finestra d'informació dels pisos _____	131
Il·lustració A 63. Finestra de definició dels pisos _____	131
Il·lustració A 64. Pantalla de previsualització abans d'imprimir _____	132
Il·lustració A 65. Pantalla d'ajustos generals _____	135
Il·lustració A 66. Pantalla d'ajustos a la plaça _____	136
Il·lustració A 67. Pantalla d'alarmes _____	137
Il·lustració A 68. Pantalla d'històric d'alarmes _____	138
Il·lustració A 69. Factura dels motoreductors _____	140
Il·lustració A 70. Factura dels servomotors 1/3 _____	141
Il·lustració A 71. Factura dels servomotors 2/3 _____	142

Il·lustració A 72. Factura dels servomotors 2/3	143
Il·lustració A 73. Factura cinta de rodets 1/2	144
Il·lustració A 74. Factura cinta de rodets 2/2	145
Il·lustració A 75. Factura actuador rotatiu	146
Il·lustració A 76. Factura sistema de buit	147
Il·lustració A 77. Factura platines d'unió 1 i 2	148
Il·lustració A 78. Factura eixos motrius	149
Il·lustració A 79. Factura peces de làser	150
Il·lustració A 80. Factura eixos i adaptadors	151
Il·lustració A 81. Factura tractaments	152
Il·lustració A 82. Factura rodaments	153
Il·lustració A 83. Factura acoblaments SR-60	154
Il·lustració A 84. Factura acoblament SE75	155
Il·lustració A 85. Factura detectors magnètics	156
Il·lustració A 86. Factura mecanitzar acoblaments	157
Il·lustració A 87. Factura platines d'alumini	158
Il·lustració A 88. Factura programació model amb motoreductors	159
Il·lustració A 89. Factura programació model amb servomotors	160
Il·lustració A 90. Càlcul servomotor eix X 1/4	161
Il·lustració A 91. Càlcul servomotor eix X 2/4	162
Il·lustració A 92. Càlcul servomotor eix X 3/4	163
Il·lustració A 93. Càlcul servomotor eix X 4/4	164
Il·lustració A 94. Càlcul servomotor eix Y 1/4	165
Il·lustració A 95. Càlcul servomotor eix Y 2/4	166

Il·lustració A 96. Càlcul servomotor eix Y 3/4	167
Il·lustració A 97. Càlcul servomotor eix Y 4/4	168
Il·lustració A 98. Càlcul servomotor eix Z 1/4	169
Il·lustració A 99. Càlcul servomotor eix Z 2/4	170
Il·lustració A 100. Càlcul servomotor eix Z 3/4	171
Il·lustració A 101. Càlcul servomotor eix Z 4/4	172
Il·lustració A 102. Càlcul sistema de buit	173
Il·lustració A 103. Càlcul actuador de gir	174

Índex de taules

Taula A 1. Resultats de la selecció de materials	11
Taula A 2. Pesos per al primer càlcul dels motors	12
Taula A 3. Factors de mida de diferents diàmetres	26
Taula A 4. Factors de confiabilitat	28
Taula A 5. Factors modificadors del límit a fatiga	32
Taula A 6. Factors modificadors del límit a fatiga	38
Taula A 7. Factors modificadors del límit a fatiga	47
Taula A 8. Factors modificadors del límit a fatiga	56
Taula A 9. Factors modificadors del límit a fatiga	65
Taula A 10. Factors modificadors del límit a fatiga	72
Taula A 11. Factors modificadors del límit a fatiga	79
Taula A 12. Càrregues admissibles pels actuadors MSQ	88
Taula A 13. Pressió de treball pels actuadors MSQ	91
Taula A 14. Alarmes aplicades al paletitzador	139

Índex de gràfics

Gràfic A1. Duresa/Fractura	3
Gràfic A2. Mòdul de Young/Densitat	5
Gràfic A3. Mòdul de Young/Cost relatiu per unitat de volum	7
Gràfic A4. Factor d'acabat superficial k_a vs σ_R (MPa)	26
Gràfic A5. Factor de concentracions a les entalles k_t vs r/d per eix sotmès a torsió	28
Gràfic A6. Factor de concentracions als xaveters k_{t-s} vs r/d per torsió	29
Gràfic A7. Factor de sensibilitat a l'entalla vs r (mm)	30
Gràfic A8. Moment d'inèrcia vs temps de gir	90

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

DISENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ



Plànols

Autor: Àlex Paez Garcia

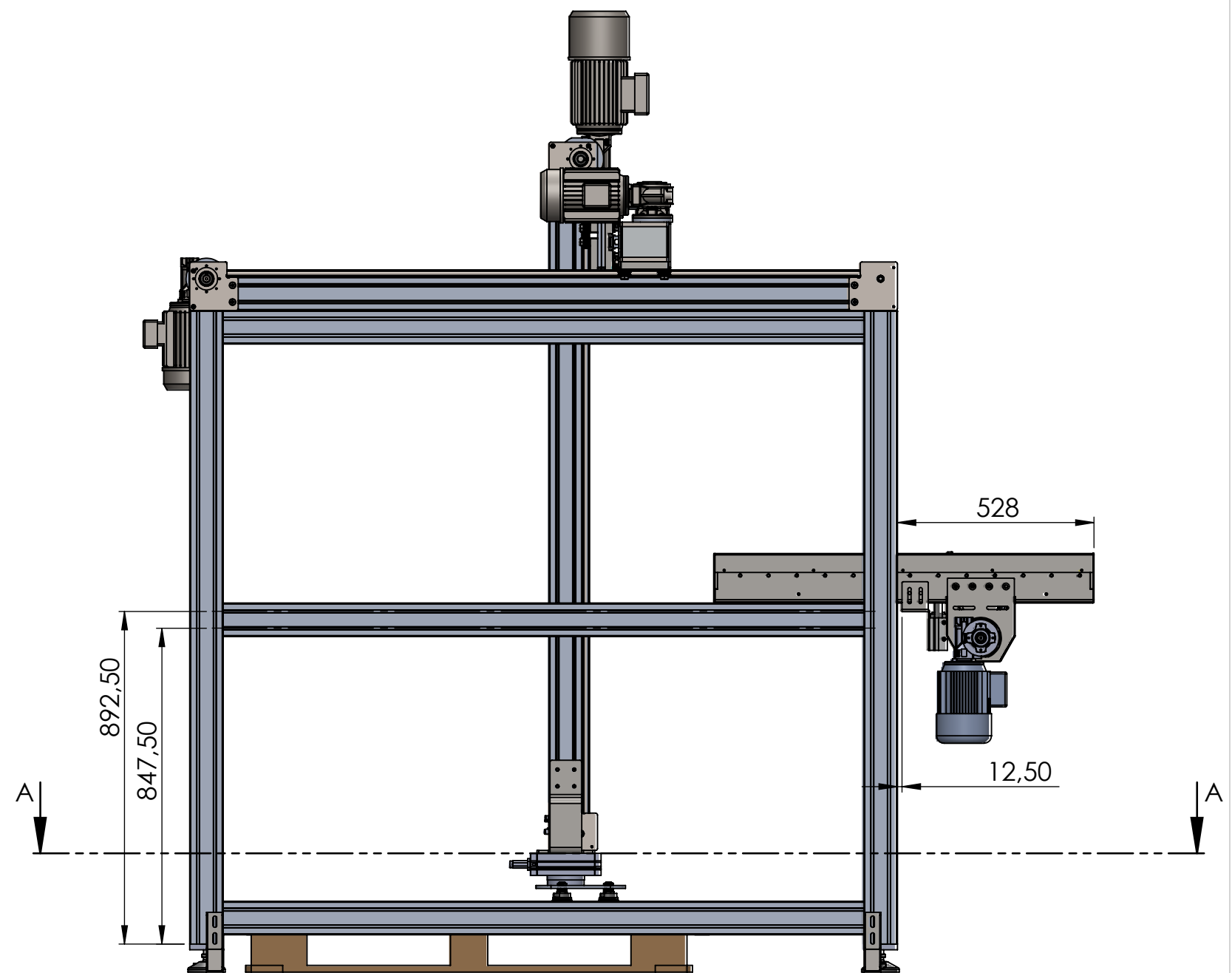
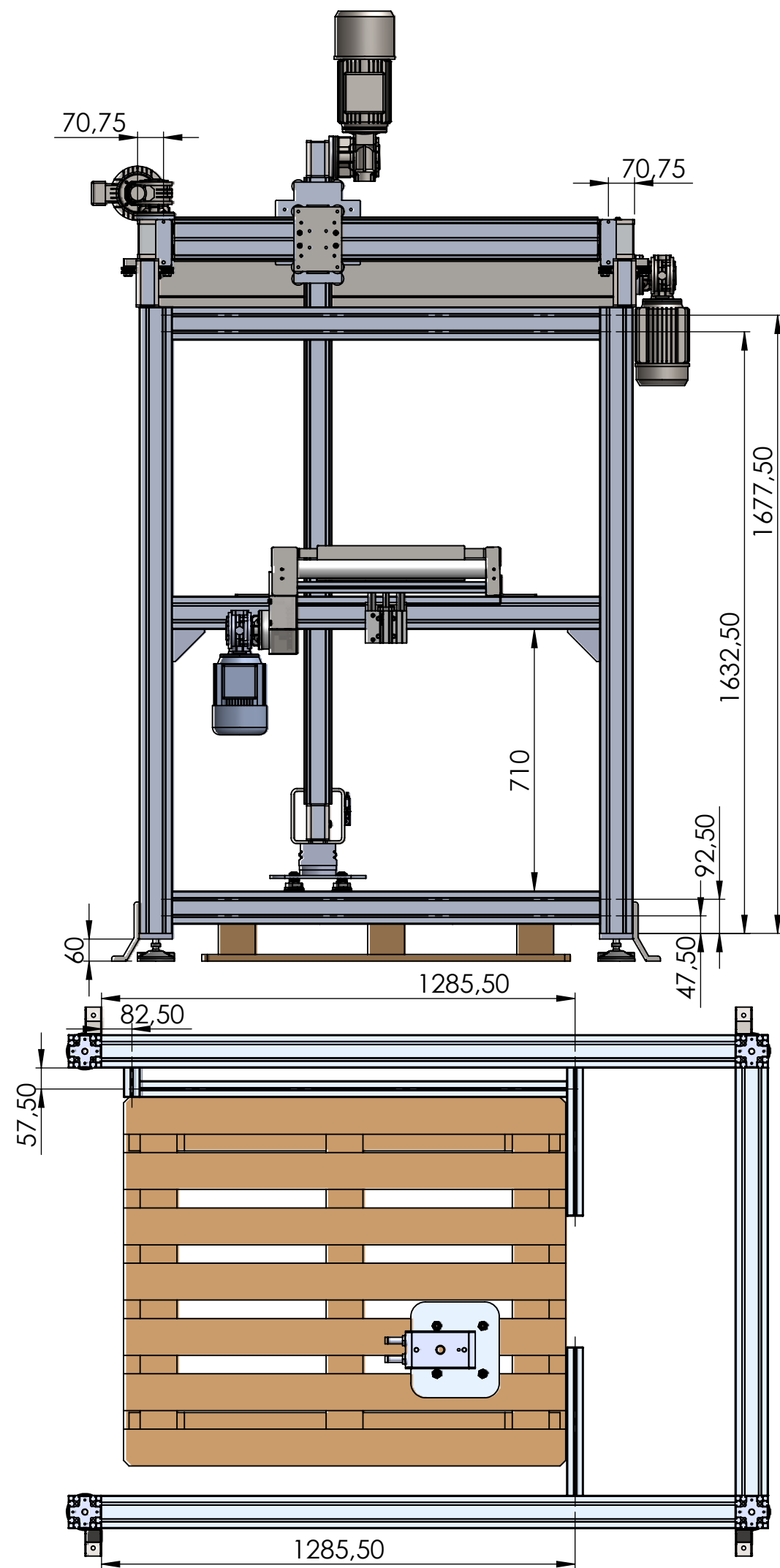
Director: Miguel Angel Brigos Hermida

Convocatòria: Maig 2018


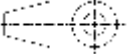
Índex plànols

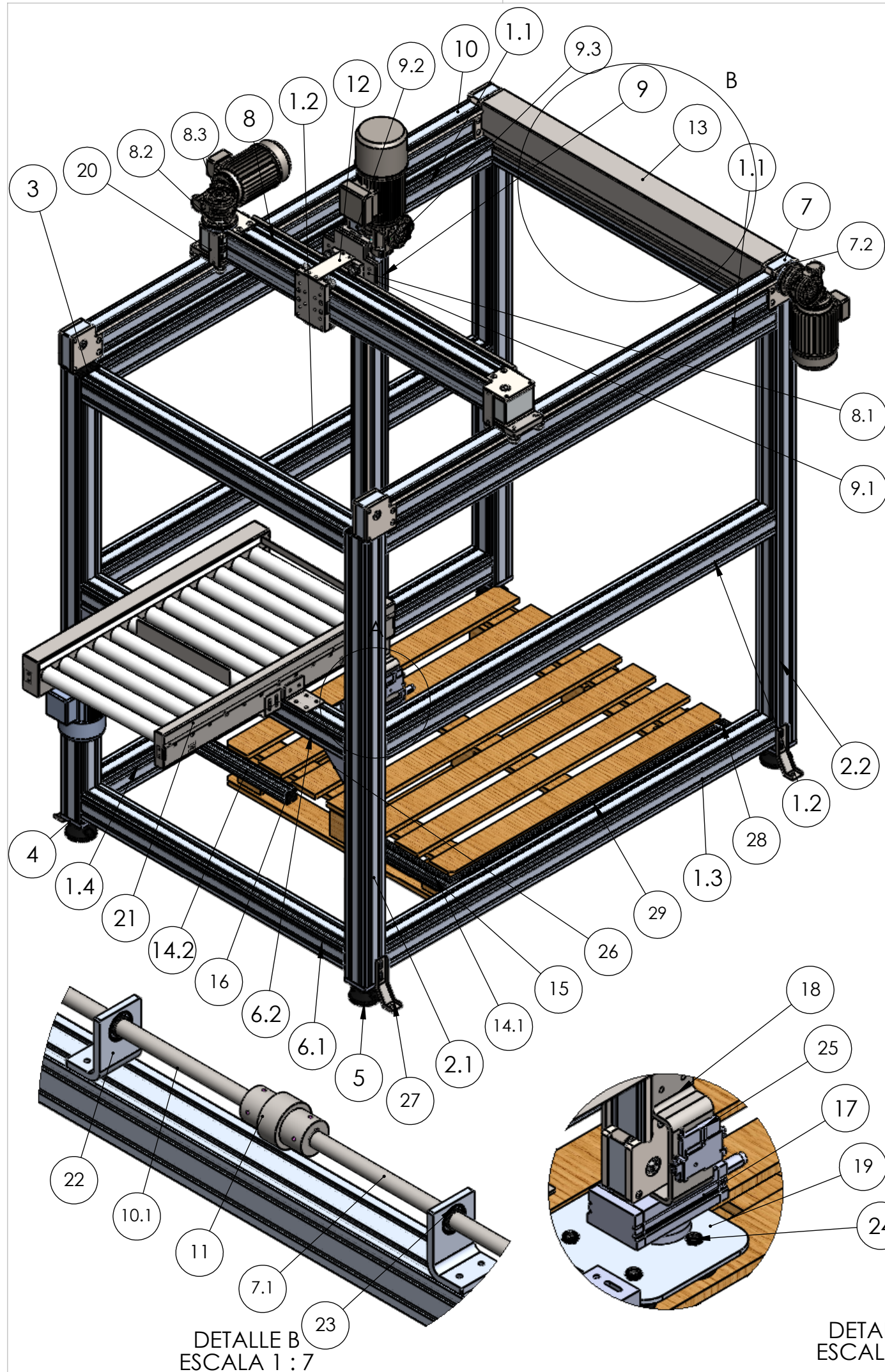
1.	PALETITZADOR MOTOREDUCTORS	1
2.	NOMENCLÀTOR PALETITZADOR MOTOREDUCTORS	2
3.	PALETITZADOR SERVOS	3
4.	NOMENCLÀTOR PALETITZADOR SERVOS	4
5.	PLATINA CARRO 90X90	5
6.	PLATINA CARRO 45X90	6
7.	EIX MOTRIU X1 MOTOREDUCTOR	7
8.	EIX MOTRIU X2 MOTOREDUCTOR	8
9.	EIX MOTRIU Y MOTOREDUCTOR	9
10.	PLATINA UNIÓ ACTUADOR DE GIR	10
11.	PLATINA UNIÓ VENTOSSES	11
12.	PROTECTOR EIXOS	12
13.	SUPORT RODAMENT	13
14.	EIX MOTRIU Z MOTOREDUCTOR	14
15.	EIX MOTRIU Z SERVO	15
16.	EIX MOTRIU Y SERVO	16
17.	EIX MOTRIU X1 SERVO	17
18.	PLATINES UNIÓ	18
19.	ADAPTADOR M045	19
20.	ADAPTADOR M050	20
21.	ADAPTADOR SERVO	21
22.	EIX MOTRIU X2 SERVO	22
23.	MECANITZATS ACOBLAMENT SE75	23

24.	MECANITZATS ACOBLAMENT SR60	24
25.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Z SERVO	25
26.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Y SERVO	26
27.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X1 SERVO	27
28.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X2 SERVO	28
29.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Z MOTOREDUCTOR	29
30.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Y MOTOREDUCTOR	30
31.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X1 MOTOREDUCTOR	31
32.	MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X2 MOTOREDUCTOR	32



SECCIÓ A-A
ESCALA 1 : 15

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA:	
	NOM	DATA	PEÇA:	PALETITZADOR MOTOREDUCTORS
DIBUIXAT PER	Àlex Paez Garcia	15/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-00-0001
COMPROVAT PER	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:			ESCALA:	1:15
			QUANTITAT:	1
OBSERVACIONS:		No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius		FORMAT: A3



N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1.1	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720	3 REP.		2 EXTR.	
1.2	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720			2 EXTR.	
1.3	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720	2		2 EXTR.	
1.4	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720	1		2 EXTR.	
2.1	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1697.5	4	16	1 EXTR.	TAPA.
2.2	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1697.5	12			TAPA.
3	4	084.201.023	TAPA PERFIL 90X90	SITALU					
4	4	084.405.002	PLATINA PEU 90X90 M16	SITALU					
5	4	084.402.005	PEU POLIAMIDA Ø100 M16	SITALU					
6.1	3	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1160			2 EXTR.	
6.2	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1160				
7	1	800.010	GUIA LINEAL X1 MOTORED.	SITALU					
7.1	1	OK170001-01-0004	EIX MOTRIU X1 MOTORED.	ADN					
7.2	1	OK170001-01-0016	ADAPTADOR M045	ZAMEC					
8	1	800.020	GUIA LINEAL Y MOTORED.	SITALU					
8.1	1	OK170001-01-0002	PLETINA CARRO 90X90	TEKINOX					
8.2	1	OK170001-01-0016	ADAPTADOR M045	ZAMEC					
8.3	1	OK170001-01-0006	EIX MOTRIU Y MOTORED.	ADN					
9	1	800.010	GUIA LINEAL Z	SITALU					
9.1	1	OK170001-01-0003	PLATINA CARRO 45X90	TEKINOX					
9.2	1	800.040.014	ADAPTADOR M050	SITALU					
9.3	1	OK170001-01-0011	EIX MOTRIU Z MOTORED.	ZAMEC					
10	1	800.010	GUIA LINEAL X2	SITALU					
10.1	1	OK170001-01-0005	EIX MOTRIU X2	ZAMEC					
11	1	SE 75	ACOBLAMIENT SE 75	ALBERT					
12	2	OK170001-01-0015	PLATINA UNIÓN CARROS	ALU-STOCK					
13	1	OK170001-01.0009	PROTECTOR EIXOS	LÁSER GODED					
14.1	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	400	1			
14.2	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	400			1 EXTR.	
15	2	***	PE STOPPER	SITALU					
16	3	084.201.012	TAPA PERFIL 45X45	SITALU					
17	1	MSQB100R	ACTUADOR ROTATIU	SMC					
18	1	OK170001-01-0007	PLATINA UNIÓN ACTUADOR GIR	LÁSER GODED					
19	1	OK170001-01-0008	PLATINA UNIÓN VENTOSSES	LÁSER GODED					
20	4	OK170001-01-0015	PLATINA UNIÓN GUIES	ALU-STOCK					
21	1	***	TRANSPORTADOR RODETS	OPERBER					
22	2	OK170001-01-0010	SUPORT RODAMENT	LÁSER GODED					
23	2	6005	RODAMIENT 6005	EUROBEARINGS					
24	4	ZPT63HN-A16	VENTOSA Ø63	SMC					
25	1	ZK2A12K5PL-08-D	EJECTOR	SMC					
26	2	084.305.005	ESCAIRE 87X87	SITALU					
27	4	084.409.001	ESCAIRE FIXACIÓ 45	SITALU					
28	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	77.5	1		1 EXTR.	TAPA.
29	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	1158			2 EXTR.	



PROYECTO: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ

REFERÈNCIA: OP170001-00-0001

PEÇA: NOMENCLATOR PALETITZADOR MOTORED.

Nº DEL PLÀNOL: OP170001-00-0001.1

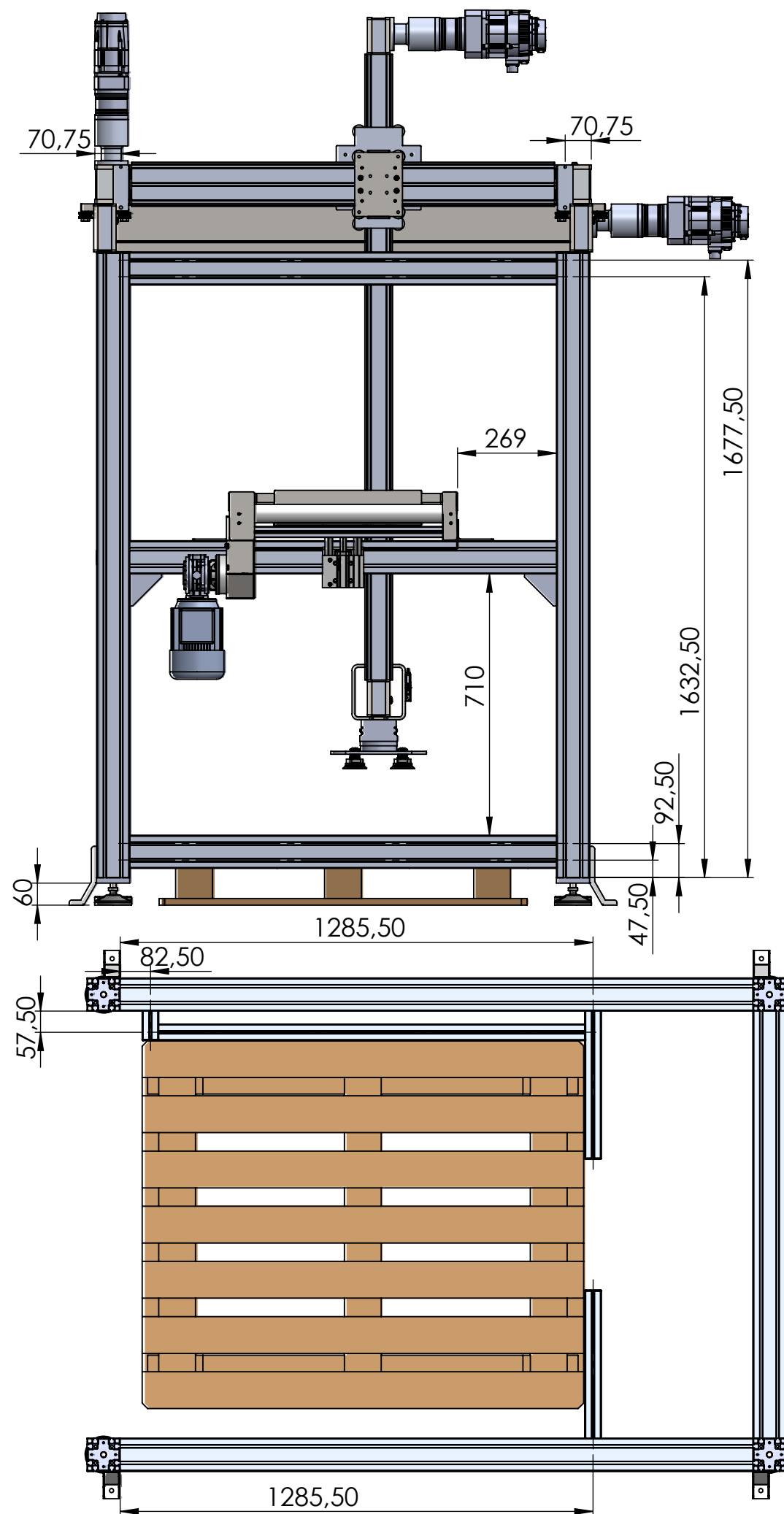
TRACTAMENT

ESCALA: 1:1

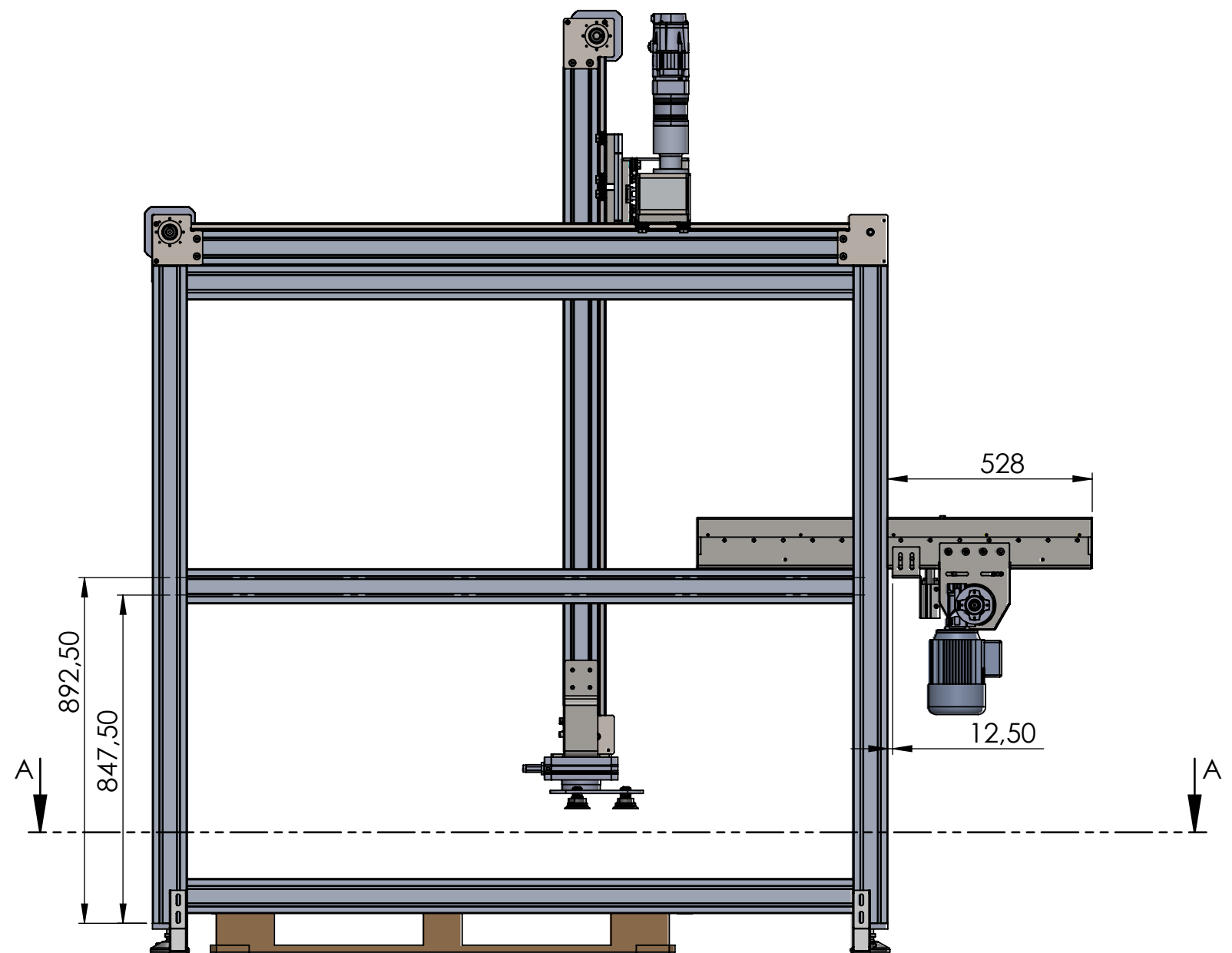
QUANTITAT: 1


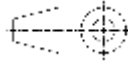
FORMAT: A3

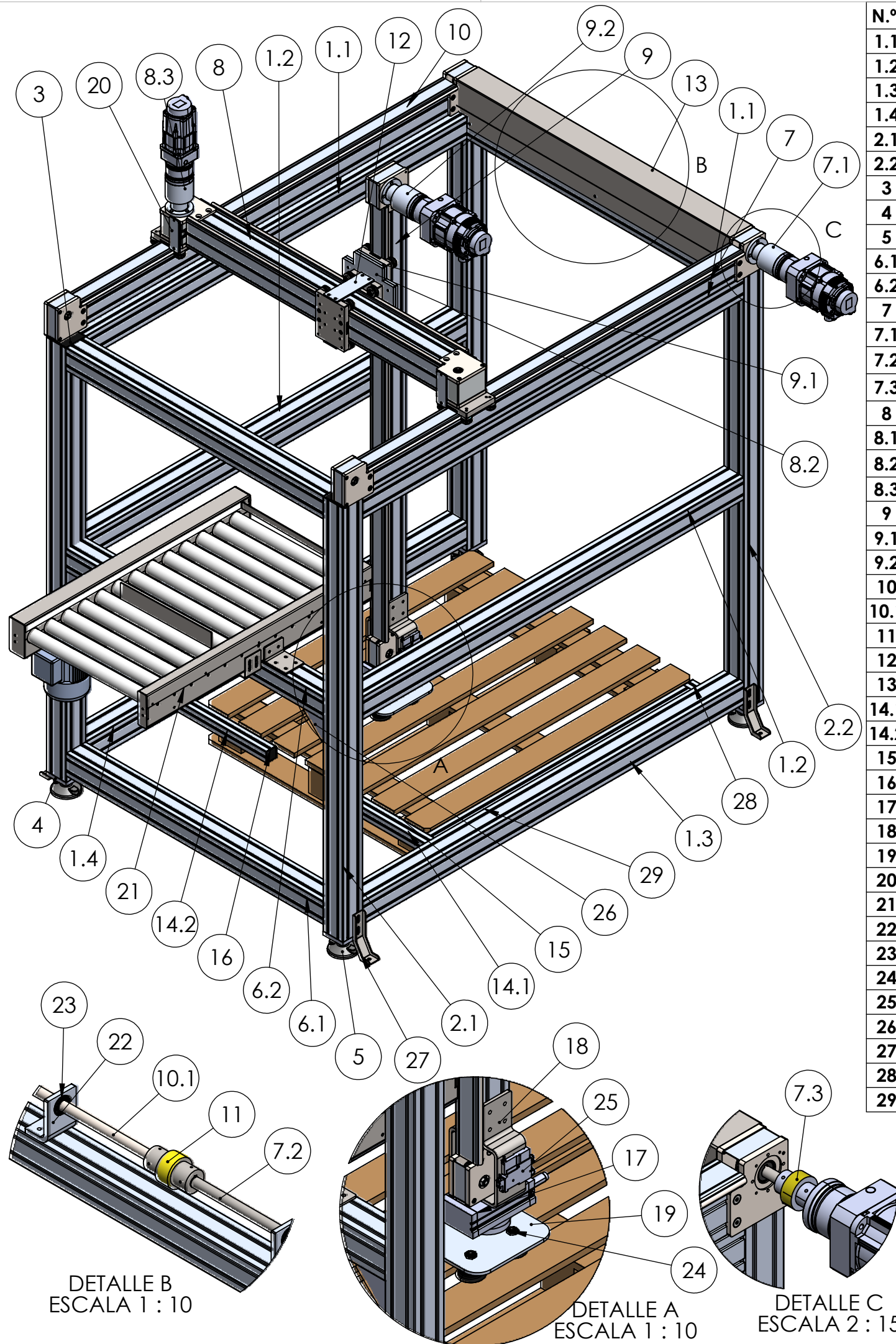
OBSERVACIONS: No deduir cotes per medició directa del plànol
Pulir cantonades per no deixar caires vius



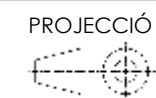
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 15



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA:	
	NOM	DATA	PEÇA:	PALETITZADOR SERVOS
DIBUIXAT PER	Àlex Paez Garcia	15/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0001
COMPROVAT PER	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:			ESCALA:	1:15
OBSERVACIONS:			QUANTITAT:	1
No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT:	A3



N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1.1	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720	3 REP.		2 EXTR.	
1.2	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720			2 EXTR.	
1.3	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720	2		2 EXTR.	
1.4	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1720	1		2 EXTR.	
2.1	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1697.5	4	16	1 EXTR.	TAPA.
2.2	2	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1697.5	12		1 EXTR.	TAPA
3	4	084.201.023	TAPA PERFIL 90X90	SITALU					
4	4	084.405.002	PLATINA PEU 90X90 M16	SITALU					
5	4	084.402.005	PEU POLIAMIDA Ø100 M16	SITALU					
6.1	3	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1160			2 EXTR.	
6.2	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1160				
7	1	800.010	GUIA LINEAL X1 SERVO	SITALU					
7.1	1	OK170001-01-0018	ADAPTADOR SERVO	ZAMEC					
7.2	1	OK170001-01-0004	EIX MOTRIU X1 SERVO	ADN					
7.3	1	SR-60	ACOBLEMENT SR-60	ALBERT					
8	1	800.020	GUIA LINEAL Y SERVO	SITALU					
8.1	1	OK170001-01-0013	EIX MOTRIU Y SERVO	ZAMEC					
8.2	1	OK170001-01-0002	PLATINA CARRO 90X90	TEKINOX					
8.3	1	OK170001-01-0018	ADAPTADOR SERVO	ZAMEC					
9	1	800.010	GUIA LINEAL Z SERVO	SITALU					
9.1	1	OK170001-01-0003	PLATINA CARRO 45X90	TEKINOX					
9.2	1	OK170001-01-0018	ADAPTADOR SERVO	ZAMEC					
10	1	800.010	GUIA LINEAL X2 SERVO	SITALU					
10.1	1	OK170001-01-0005	EIX MOTRIU X2 SERVO	ADN					
11	1	SE 75	ACOMBLAMENT SE 75	ALBERT					
12	2	OK170001-01-0015	PLATINA UNIÓ CARROS	ALU-STOCK					
13	1	OK170001-01-0009	PROTECTOR EIXOS	LÁSER GODED					
14.1	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	400	1			
14.2	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	400			1 EXTR.	
15	2	***	PE STOPPER	SITALU					
16	3	084.201.012	TAPA PERFIL 45X45	SITALU					
17	1	MSQB100R	ACTUADOR ROTATIU	SMC					
18	1	OK170001-01-0007	PLATINA UNIÓ ACTUADOR GIR	LÁSER GODED					
19	1	OK170001-01-0008	PLATINA UNIÓ VENTOSSES	LÁSER GODED					
20	4	OK170001-01-0015	PLATINA UNIÓ GUIES	ALU-STOCK					
21	1	***	TRANSPORTADOR RODETS	OPERBER					
22	2	OK170001-01-0010	SUPORT RODAMENT	LÁSER GODED					
23	2	6005	RODAMENT 6005	EUROBEARINGS					
24	4	ZPT63HN-A16	VENTOSA Ø63	SMC					
25	1	ZK2A12K5PL-08-D	EJECTOR	SMC					
26	2	084.305.005	ESCAIRE 87X87	SITALU					
27	4	084.409.001	ESCAIRE FIXACIÓ 45	SITALU					
28	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	77.5	1		1 EXTR.	TAPA.
29	1	084.101.014	PERFIL 45X45	SITALU	1158			2 EXTR.	



PROJECCIÓ: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ

REFERÈNCIA: OP170001-01-0001

PEÇA: NOMENCÀTOR PALETITZADOR SERVOS

Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0001.1

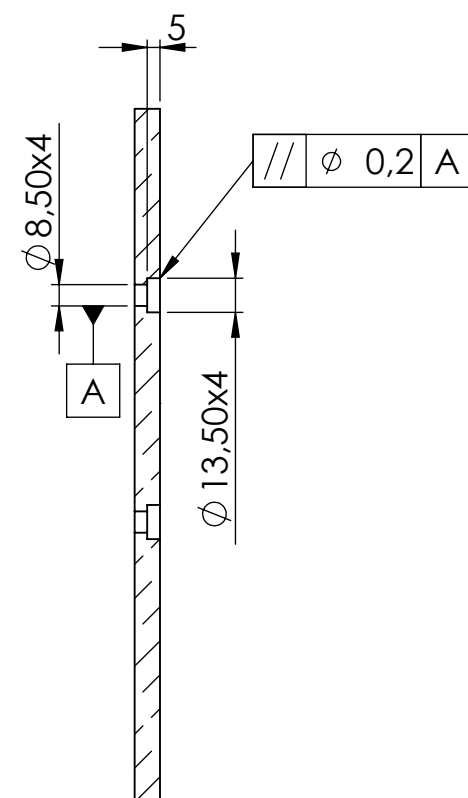
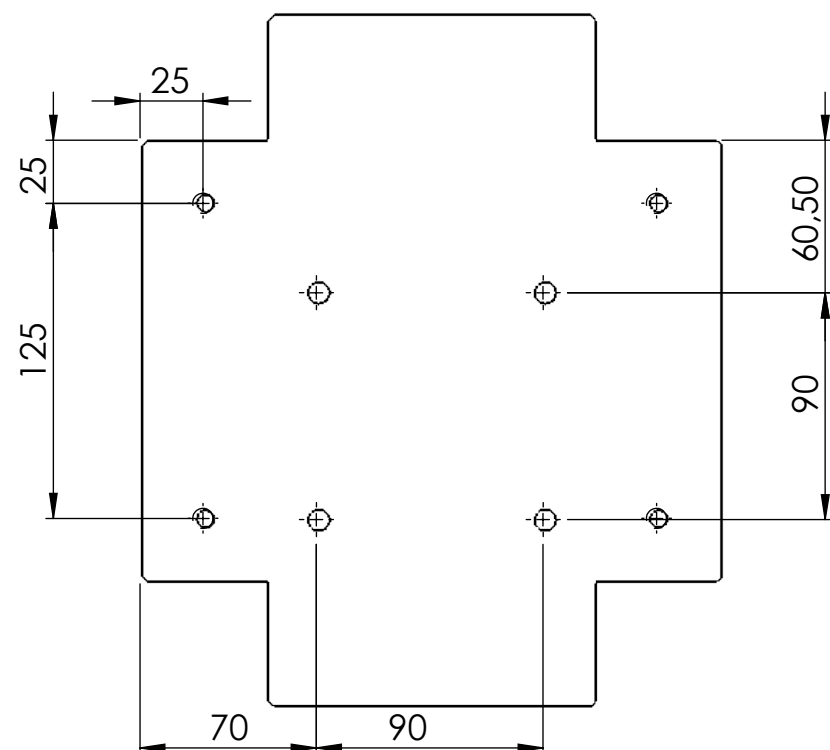
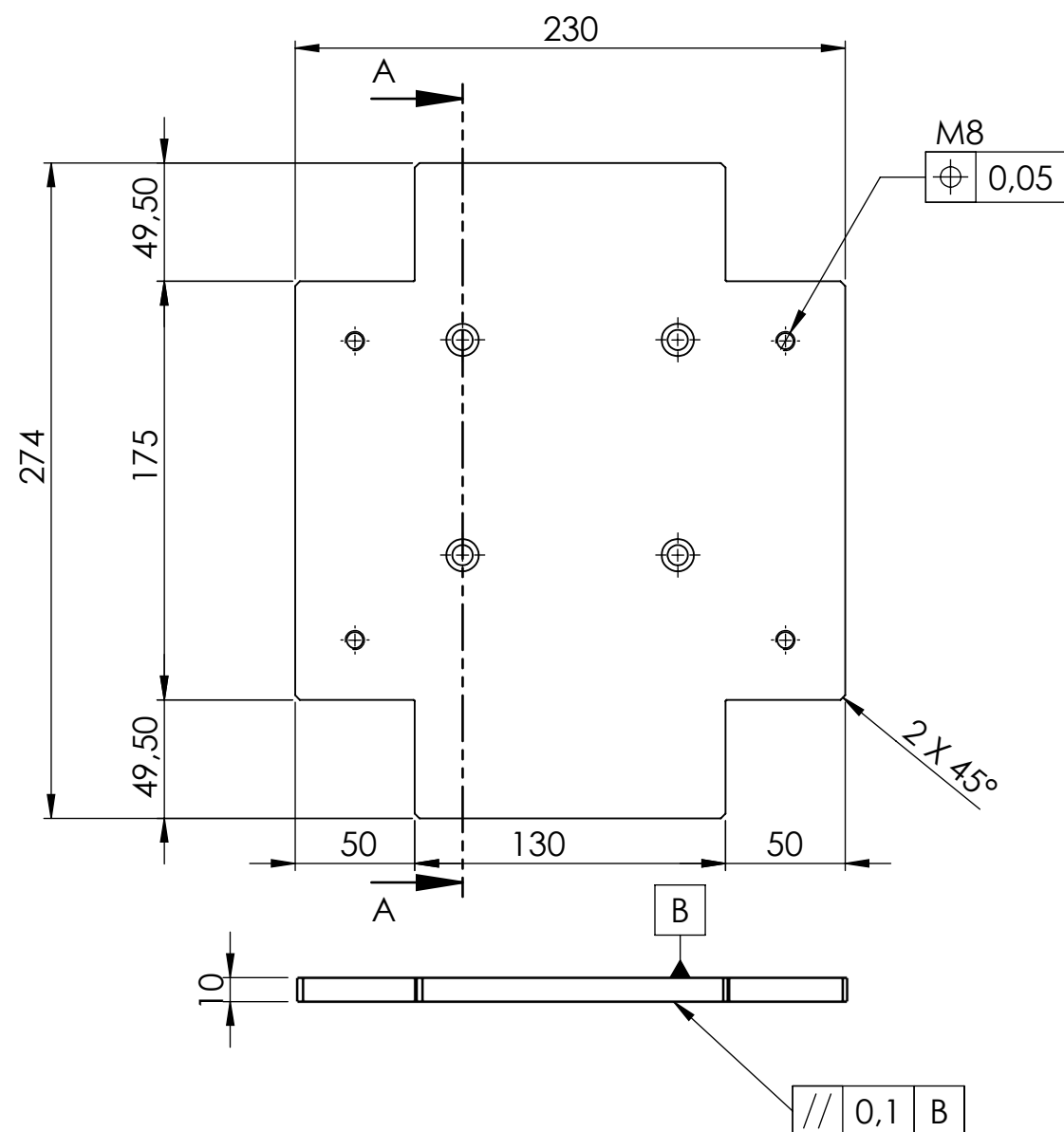
TRACTAMENT:

ESCALA: 1:15

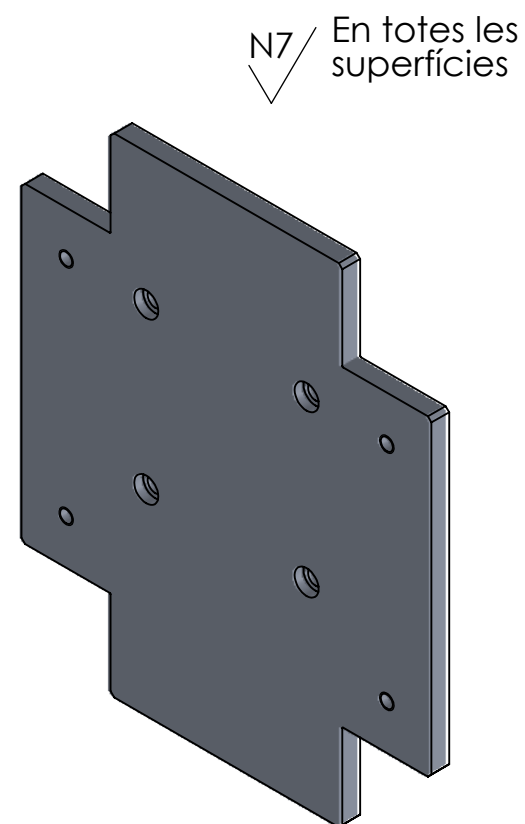
QUANTITAT: 1



OBSERVACIONS: No deduir cotes per medició directa del plànol
Pulir cantonades per no deixar caires vius

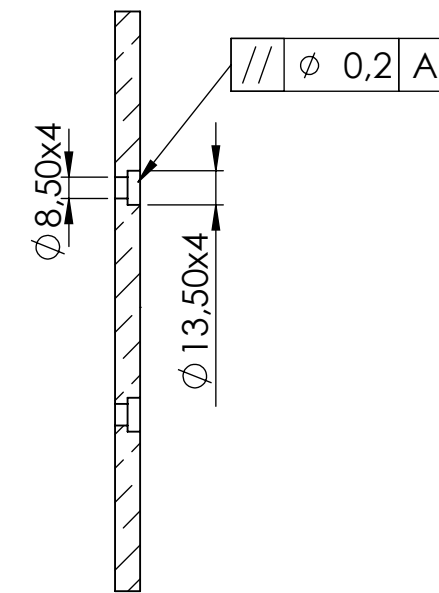
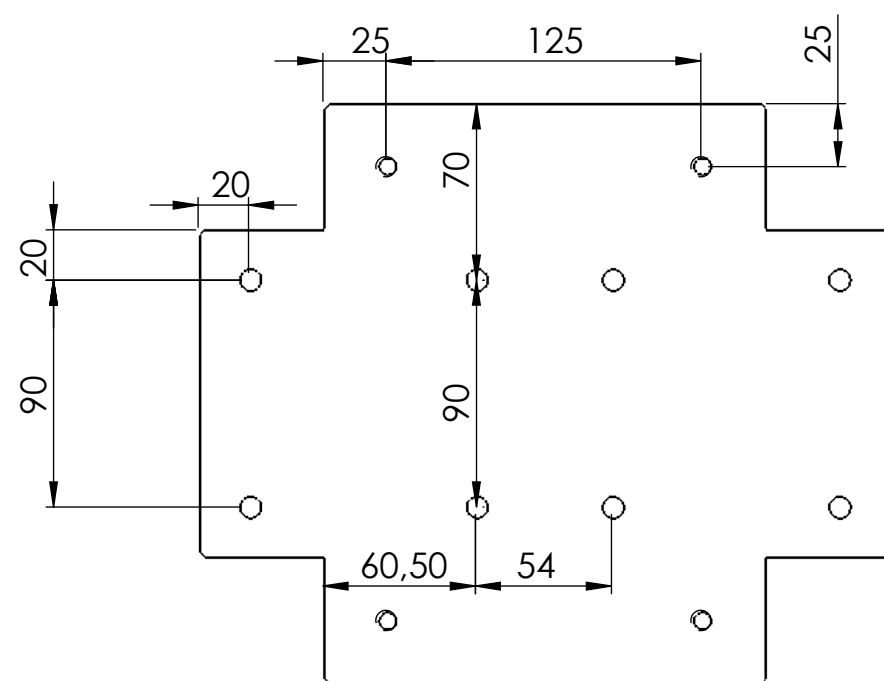
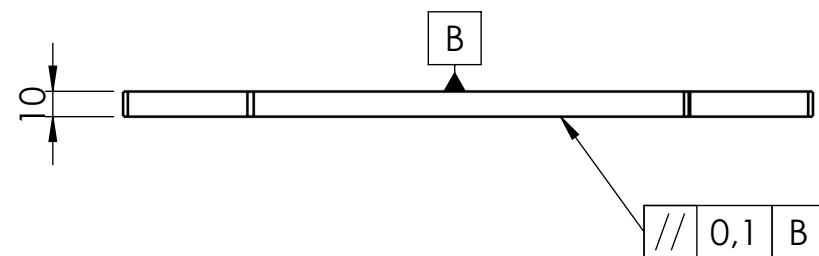
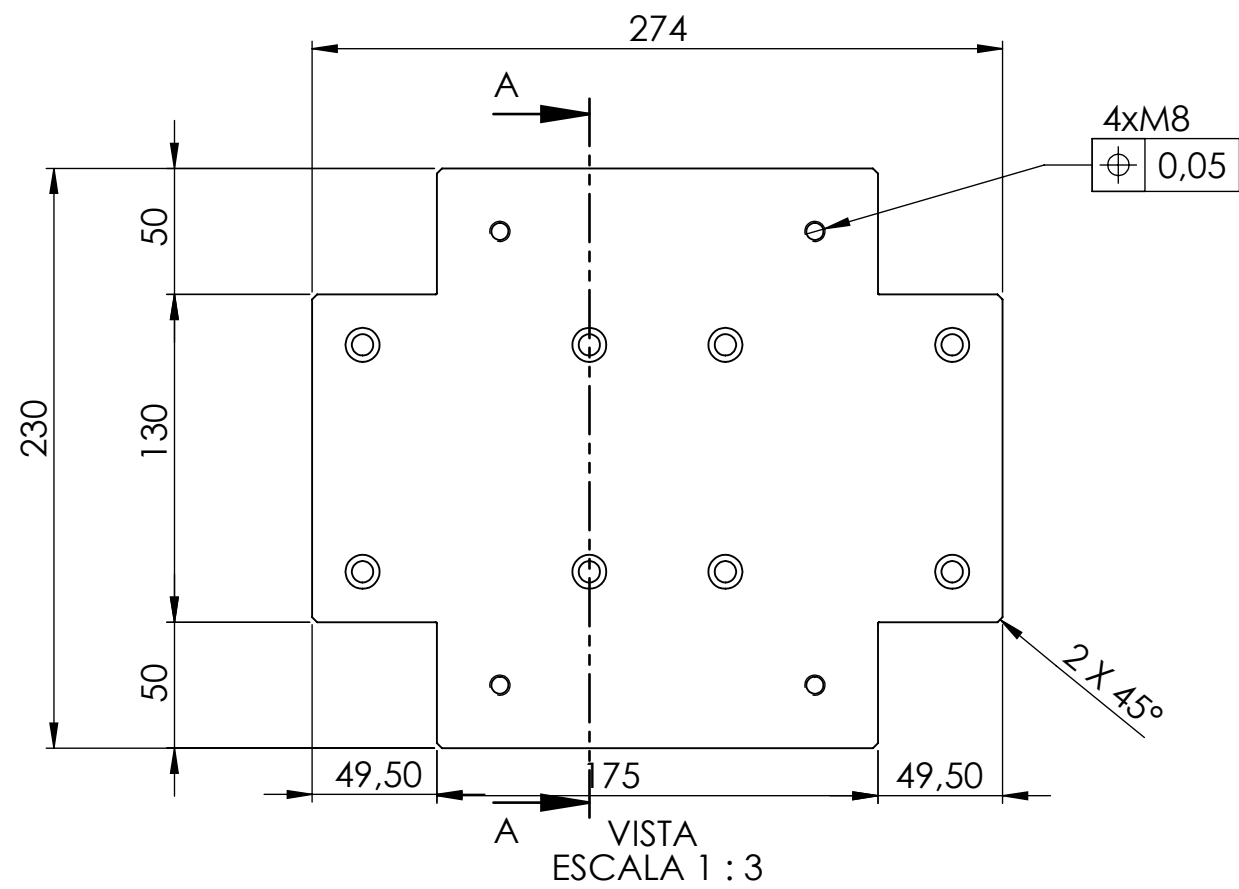
FORMAT: A3



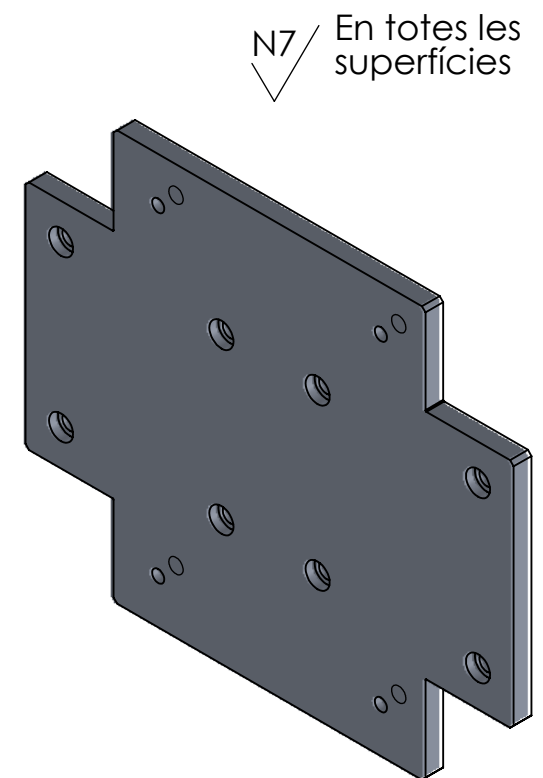
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 3


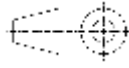


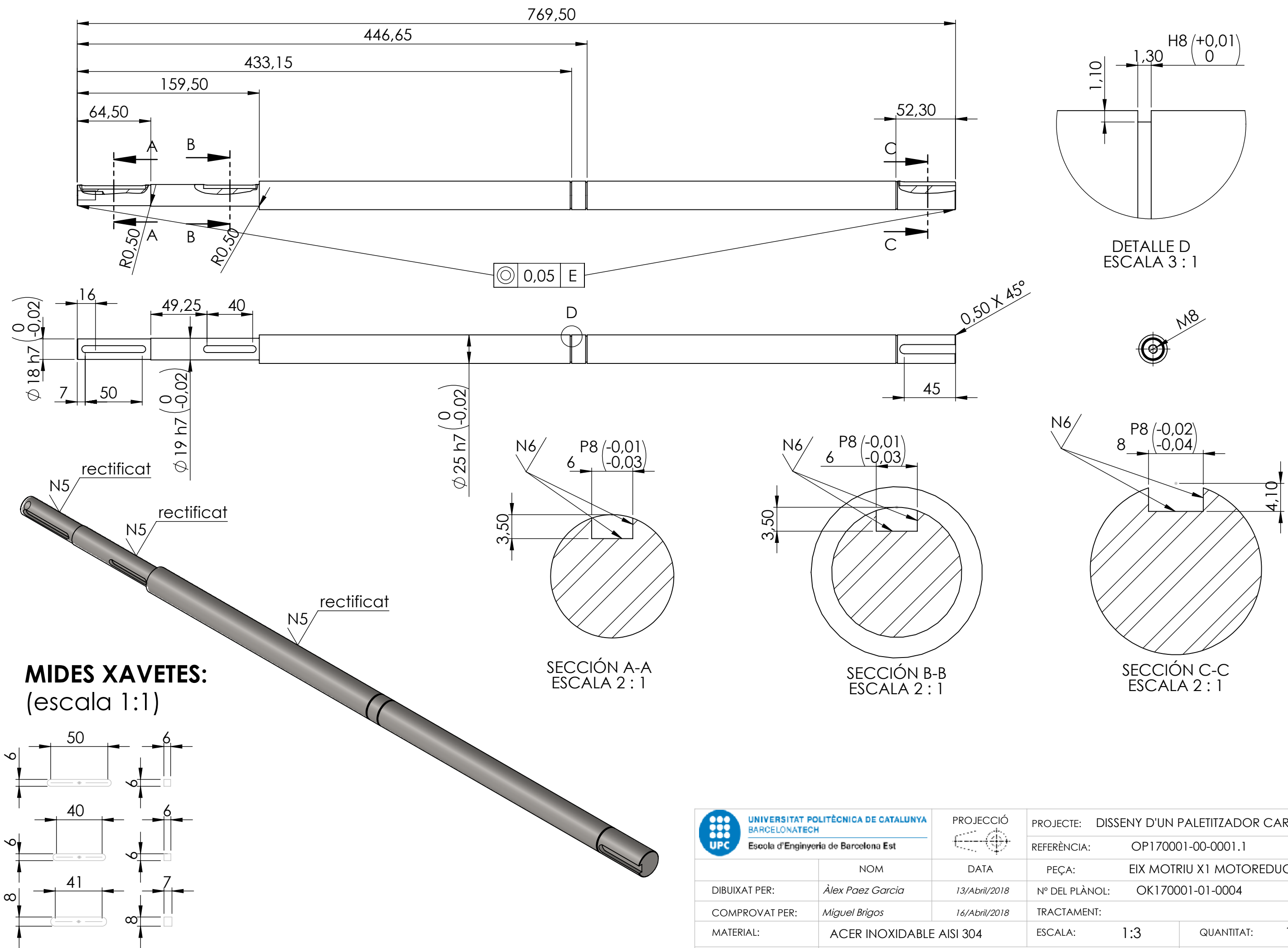
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECCIÓ		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA:	PLATINA CARRO 90X90
DIBUIXAT PER	Àlex Paez Garcia	12/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0002
COMPROVAT PER	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	SORREJAT I LACAT
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA:	1:3	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

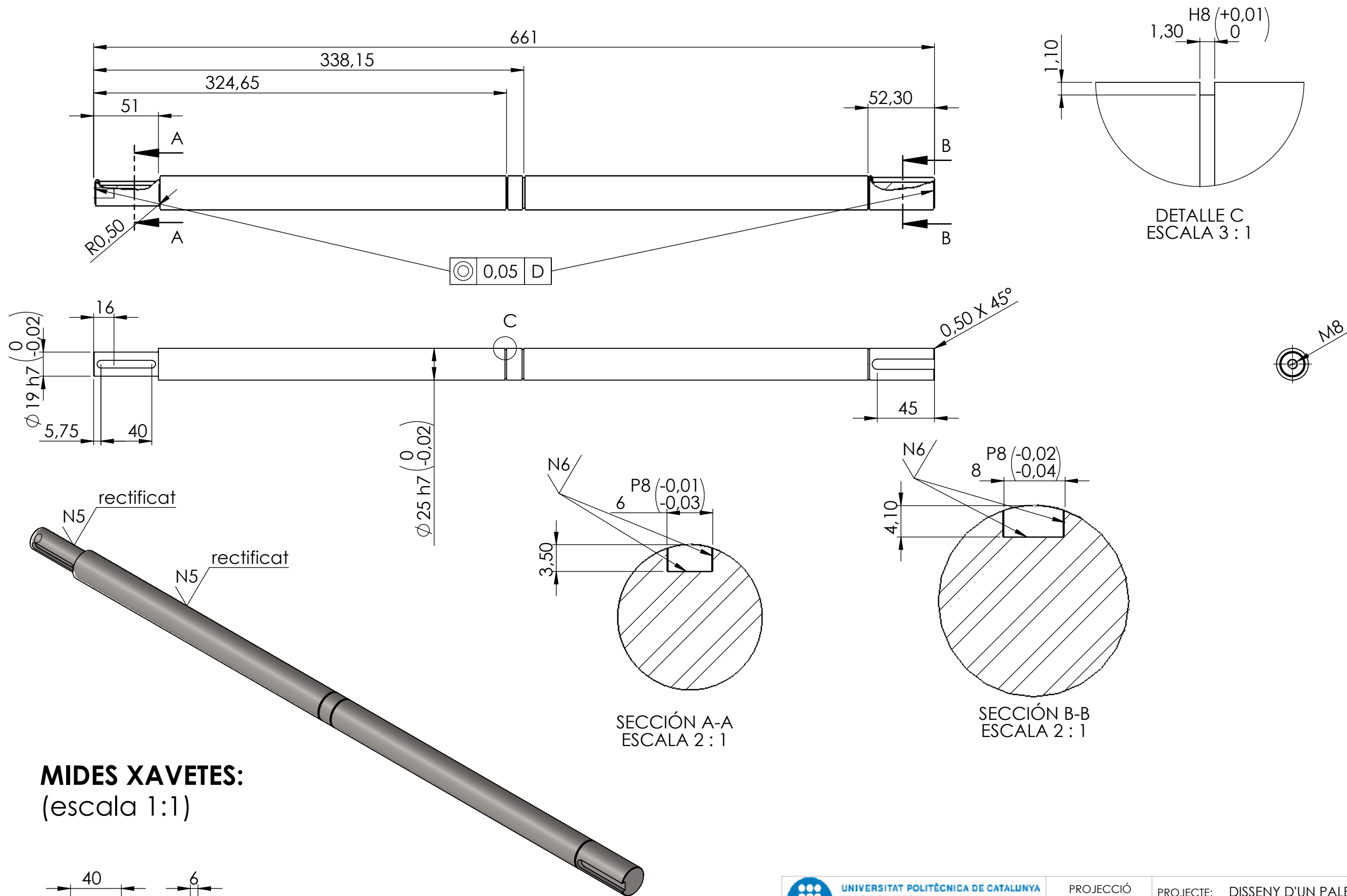


SECCIÓ A-A
ESCALA 1 : 3

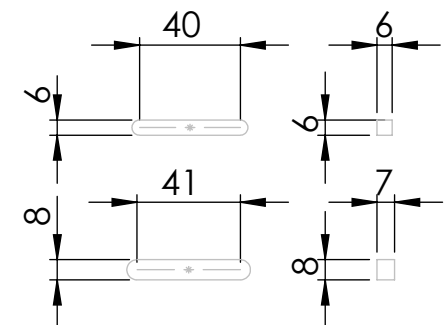



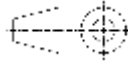
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECCIÓ		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA:	PLATINA CARRO 45X90
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	13/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0003
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	SORREJAT I LACAT
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA:	1:3	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

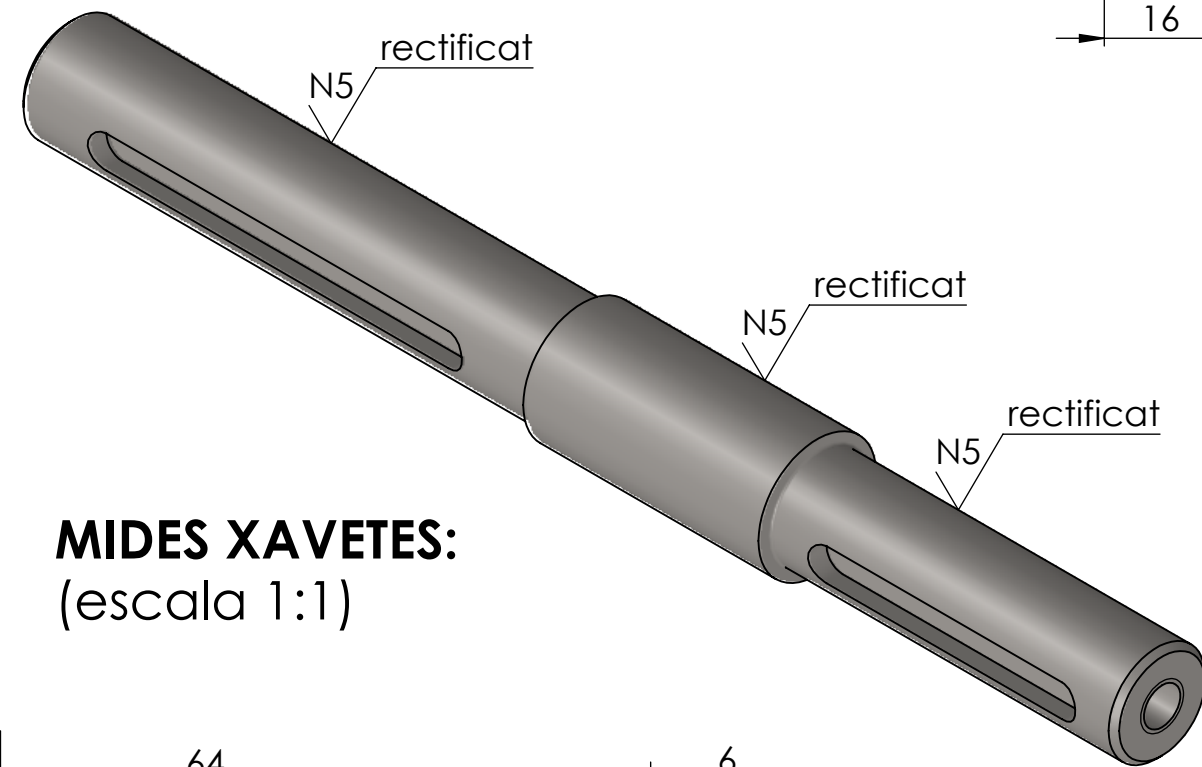
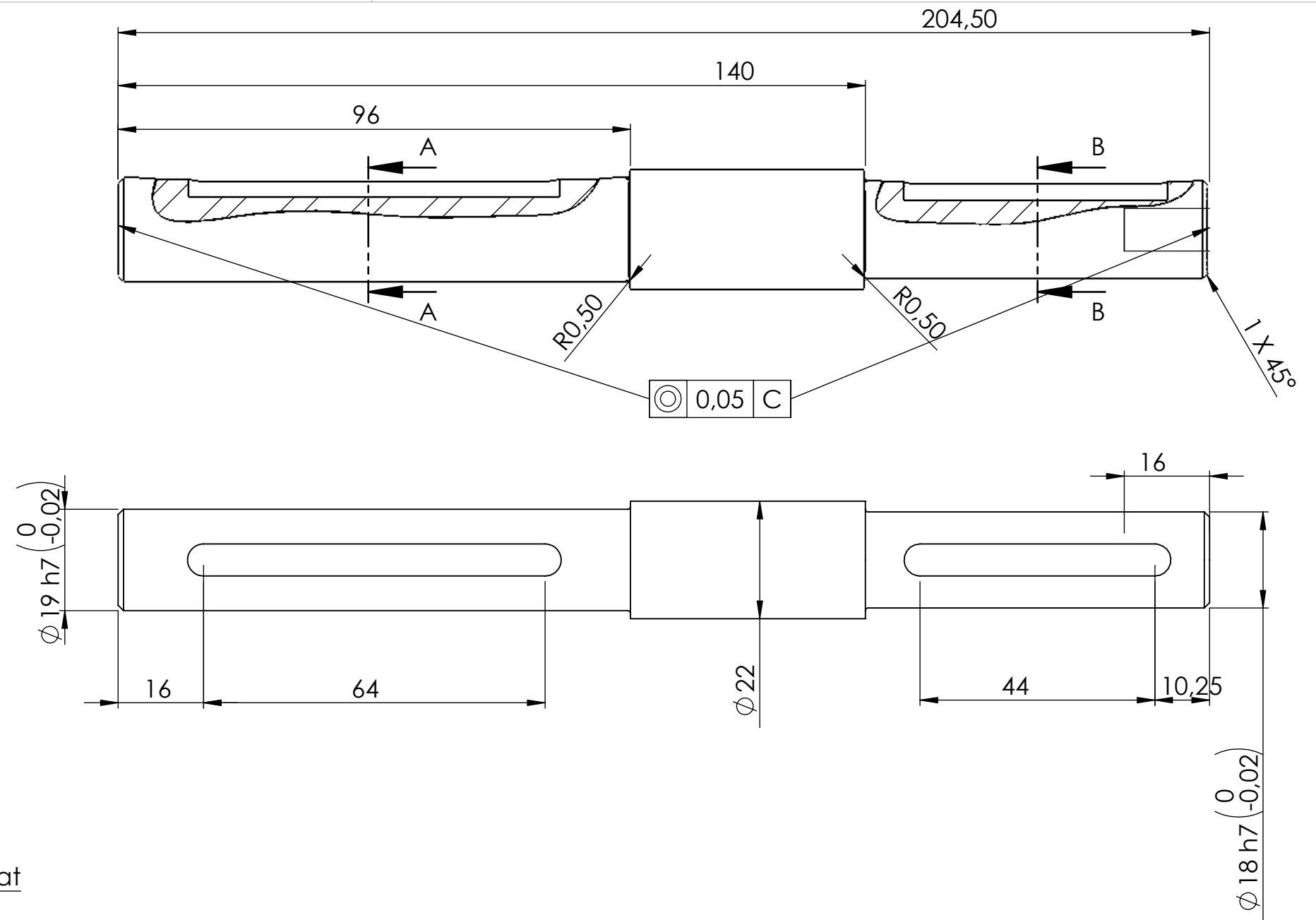
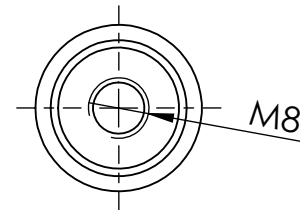
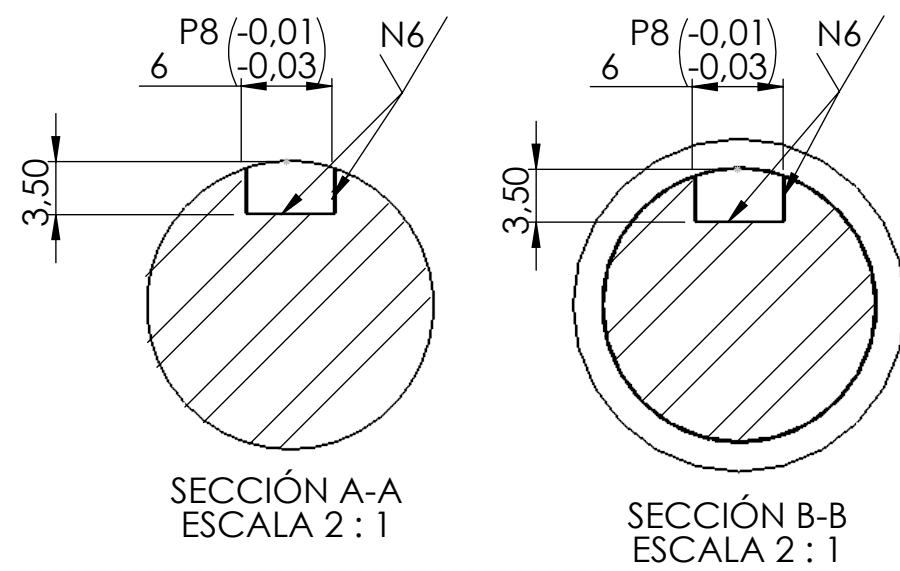




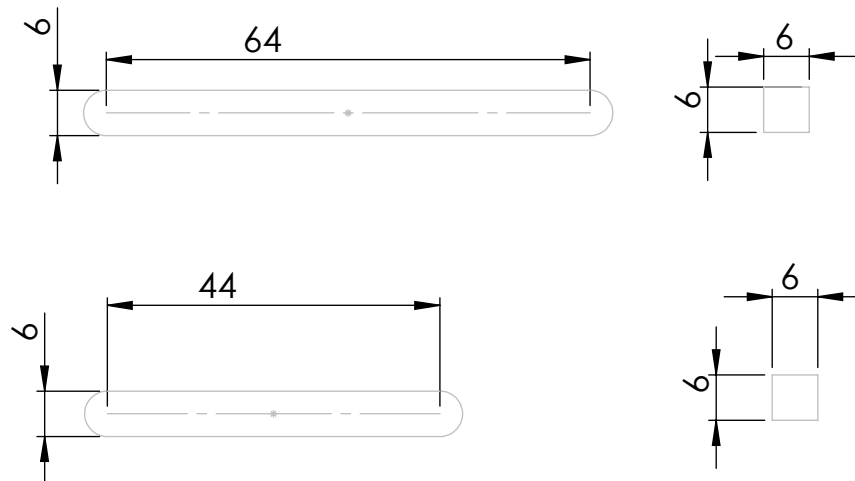
MIDES XAVETES:
(escala 1:1)




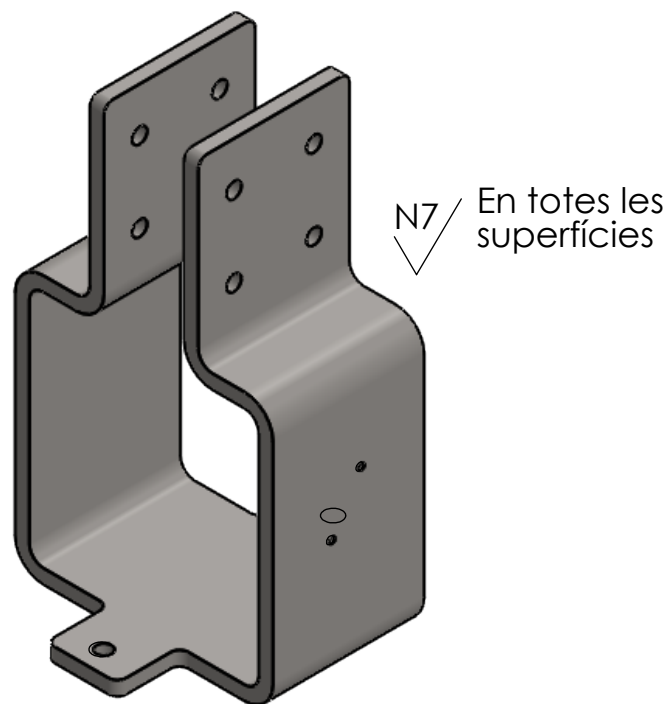
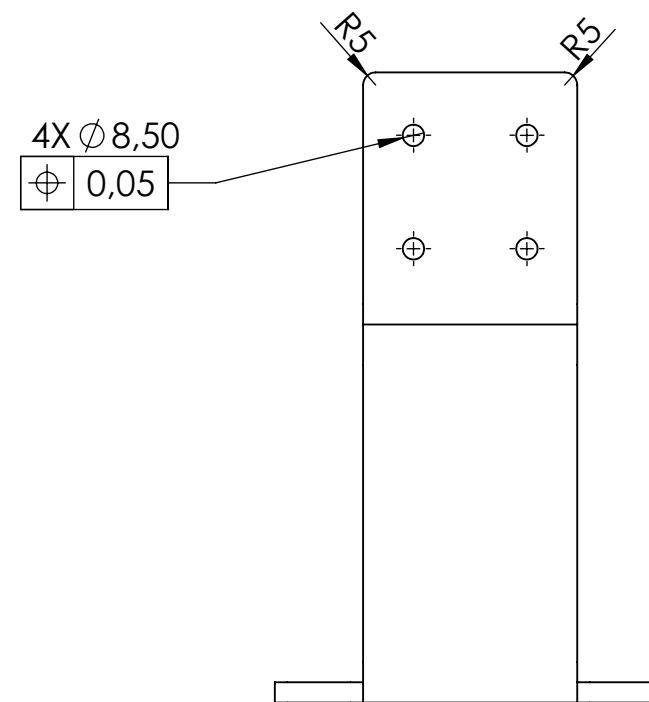
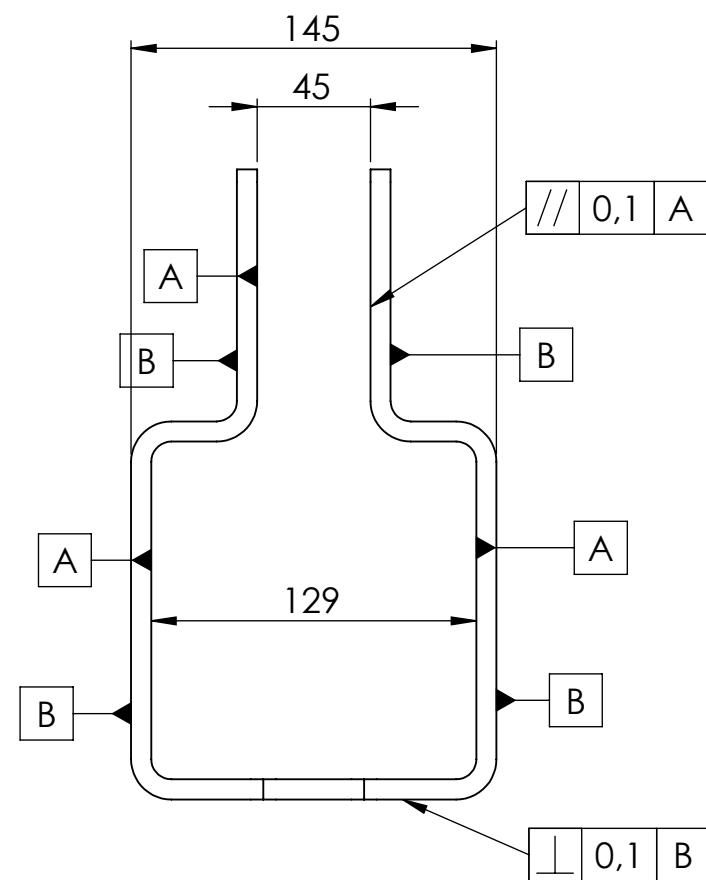
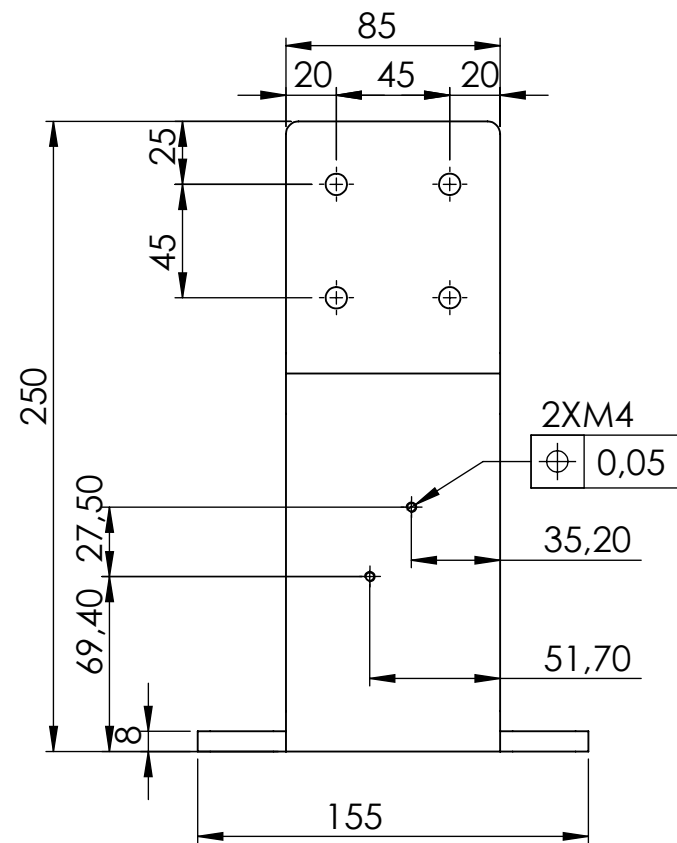
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
			PEÇA: EIX MOTRIU X2 MOTOREDUCTOR	
DIBUIXAT PER: Àlex Paez Garcia		DATA: 13/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0005	
COMPROVAT PER: Miguel Brigos		DATA: 16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL: ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA: 1:3	QUANTITAT: 1	
OBSERVACIONS: No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3	



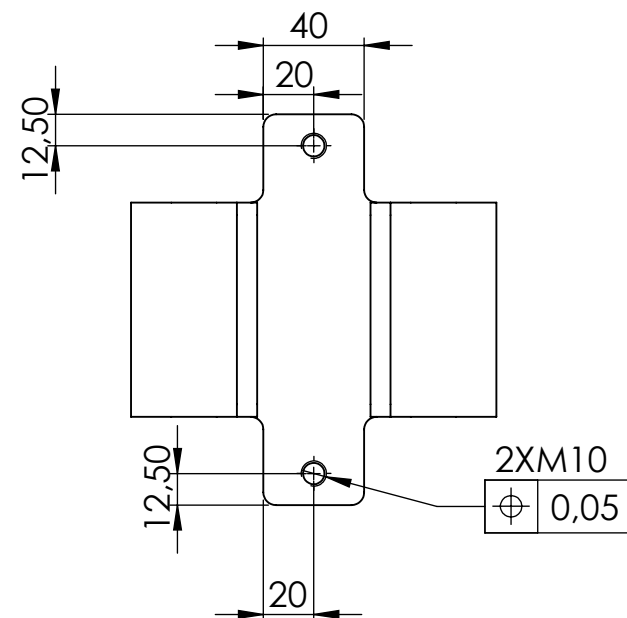
MIDES XAVETES:
(escala 1:1)




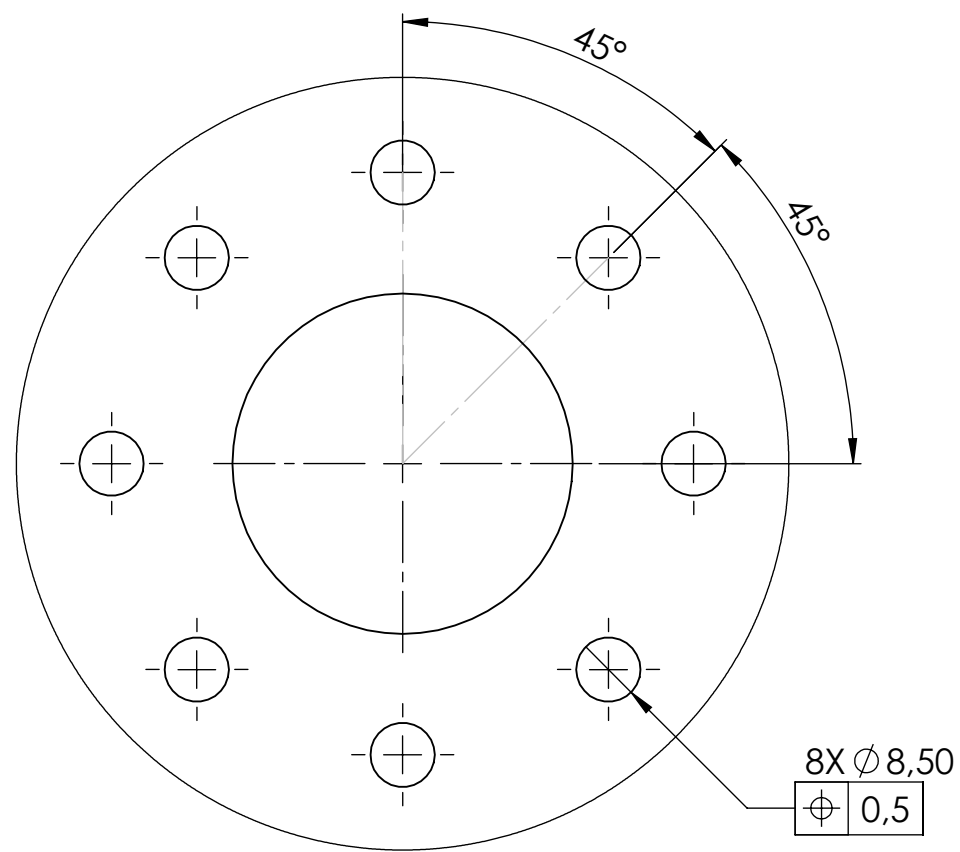
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
DIBUIXAT PER: Àlex Paez Garcia		DATA: 13/Abril/2018		REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
COMPROVAT PER: Miguel Brigos		DATA: 16/Abril/2018		PEÇA: EIX MOTRIU Y MOTOREDUCTOR	
MATERIAL: ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA: 1:1		Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0006	
OBSERVACIONS: No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius		TRACTAMENT:		QUANTITAT: 1	
				FORMAT: A3	



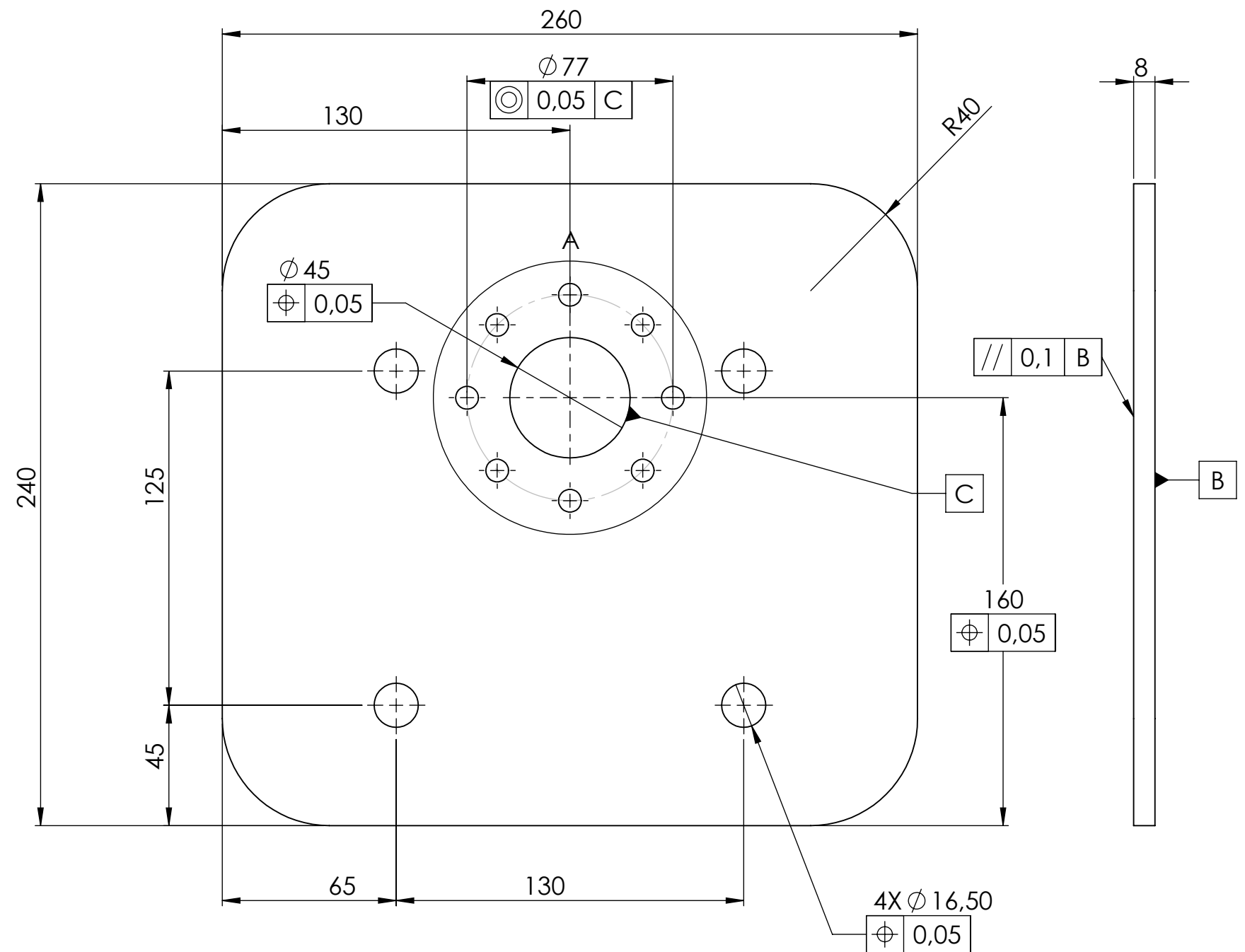
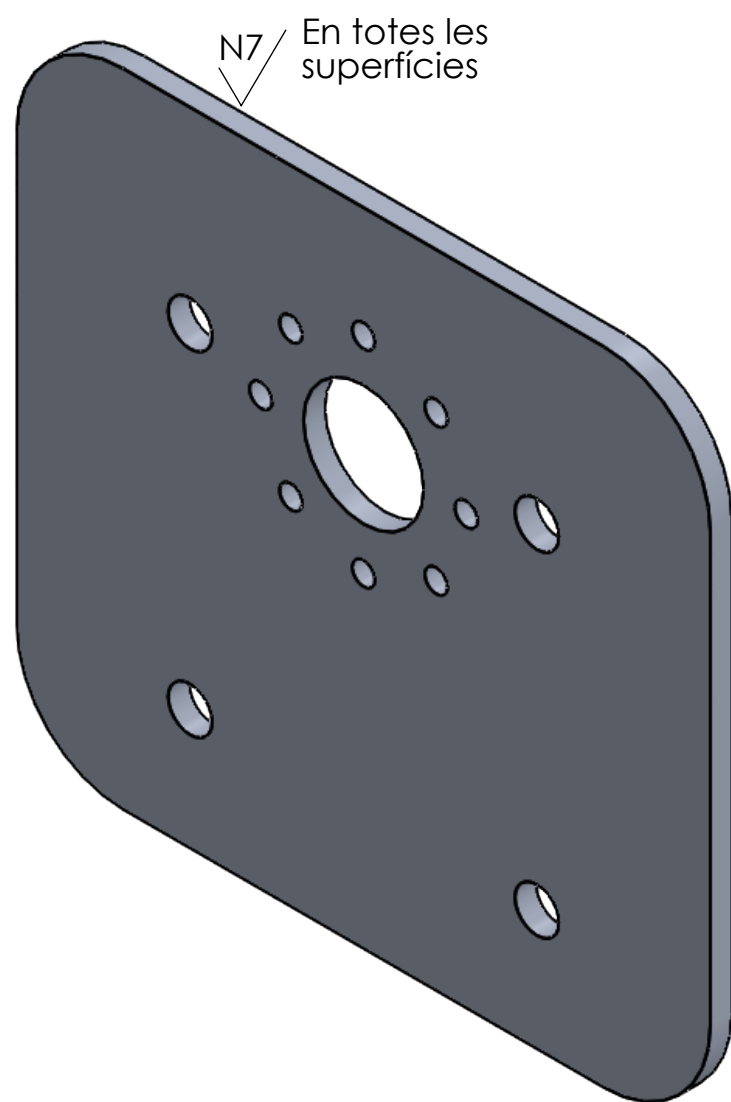
N7 En totes les superfícies


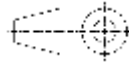


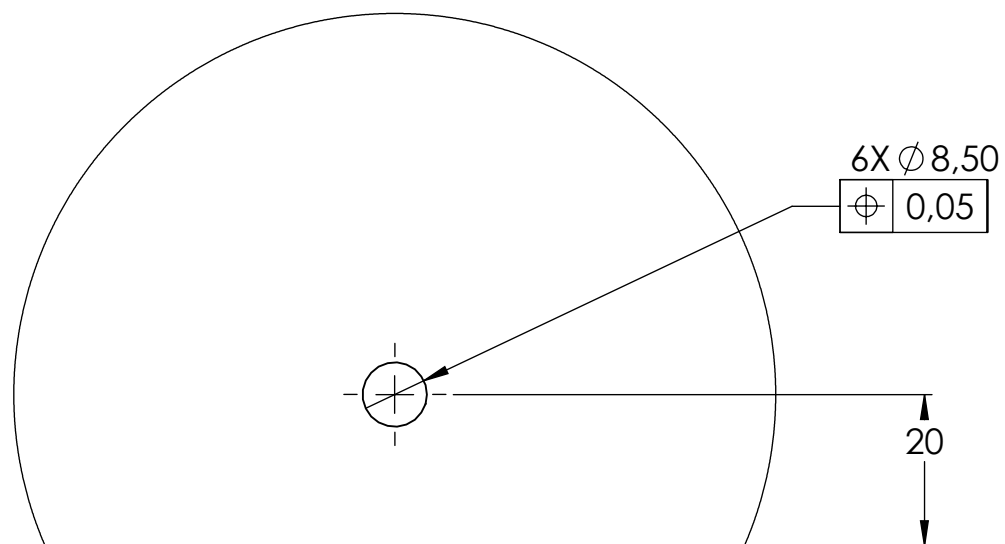
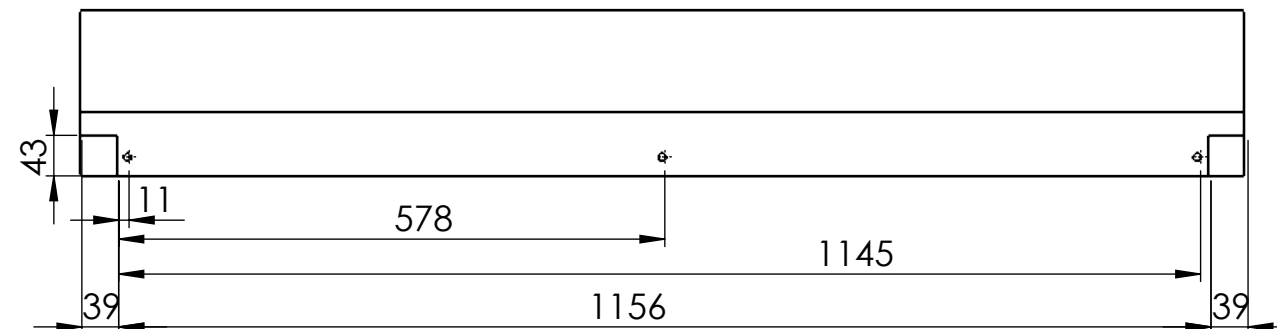
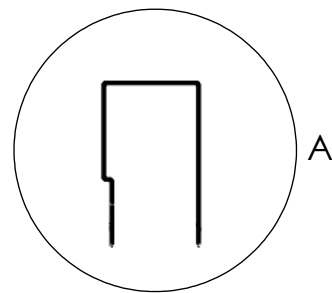
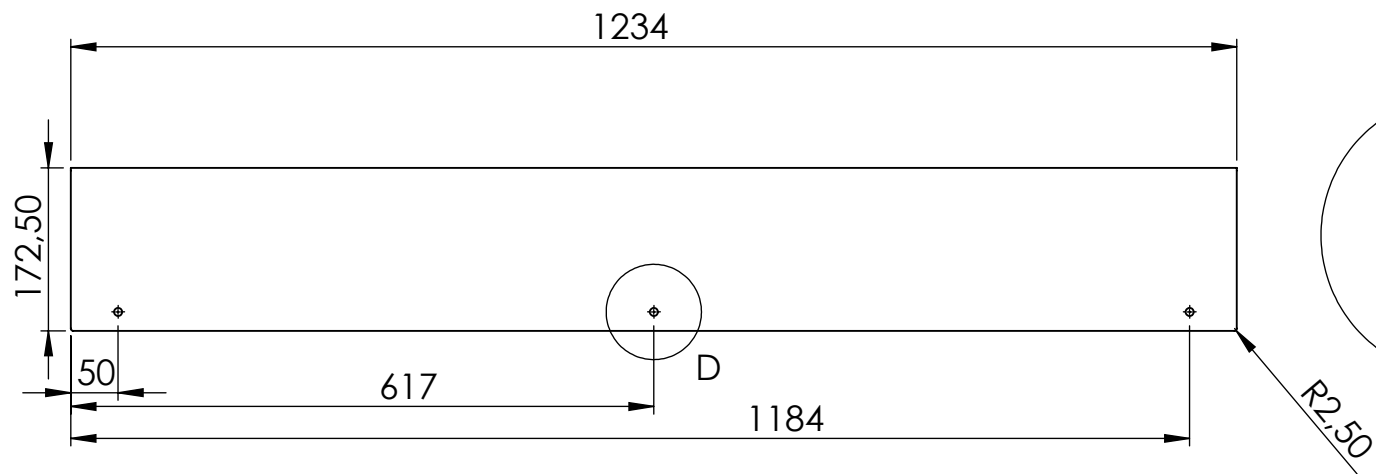
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: PLATINA UNIÓ ACTUADOR DE GIR	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	13/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0007	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA: 1:3	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3



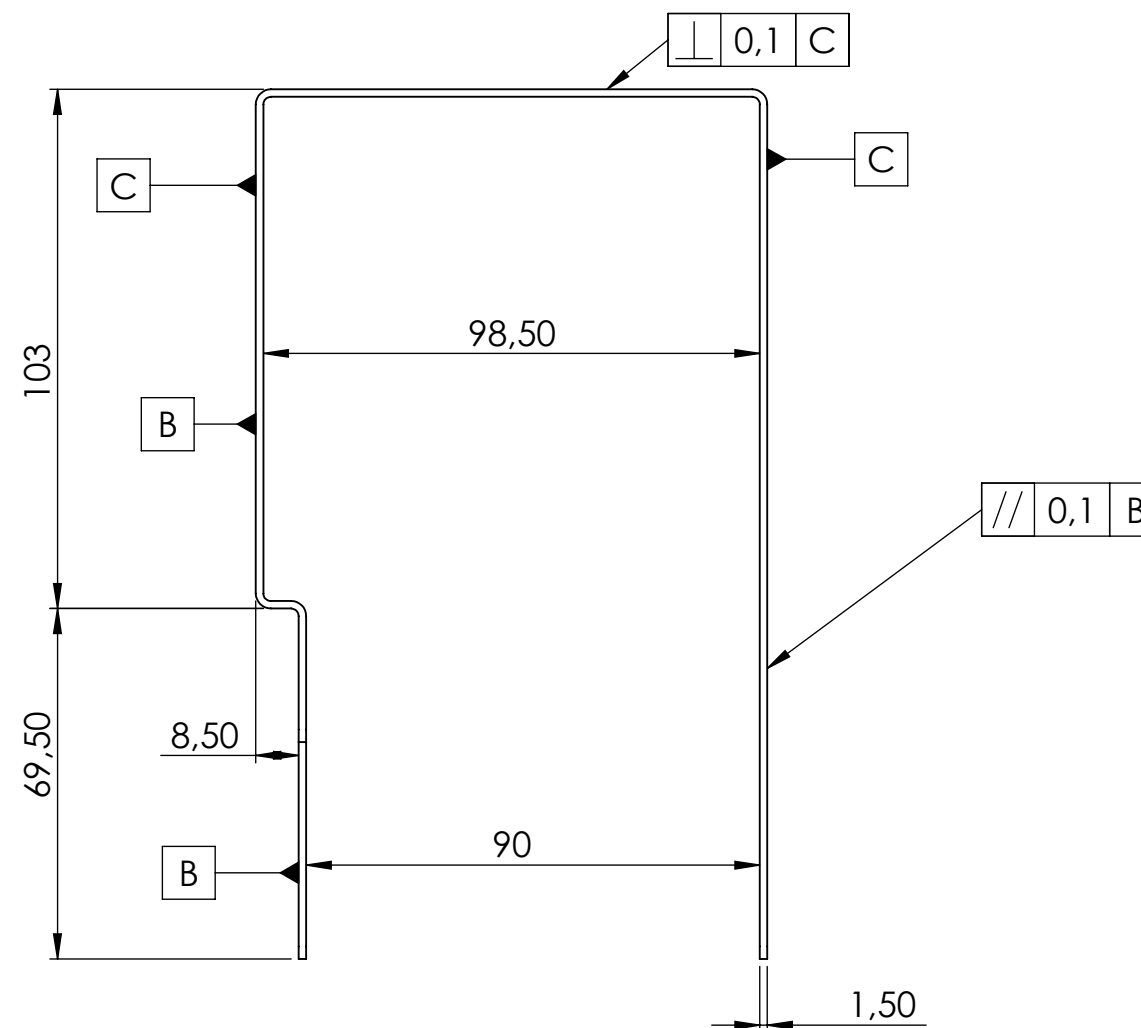
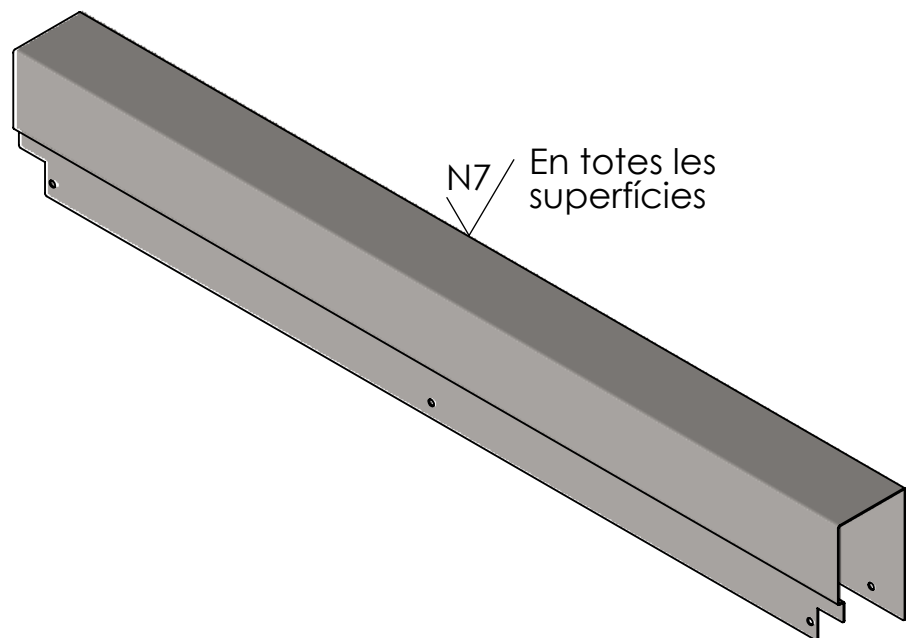
DETALLE A
ESCALA 1 : 1




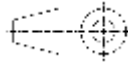
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		 PROJECCIÓ	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: PLATINA UNIÓ VENTOSSES	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0008	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA:	1:2	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

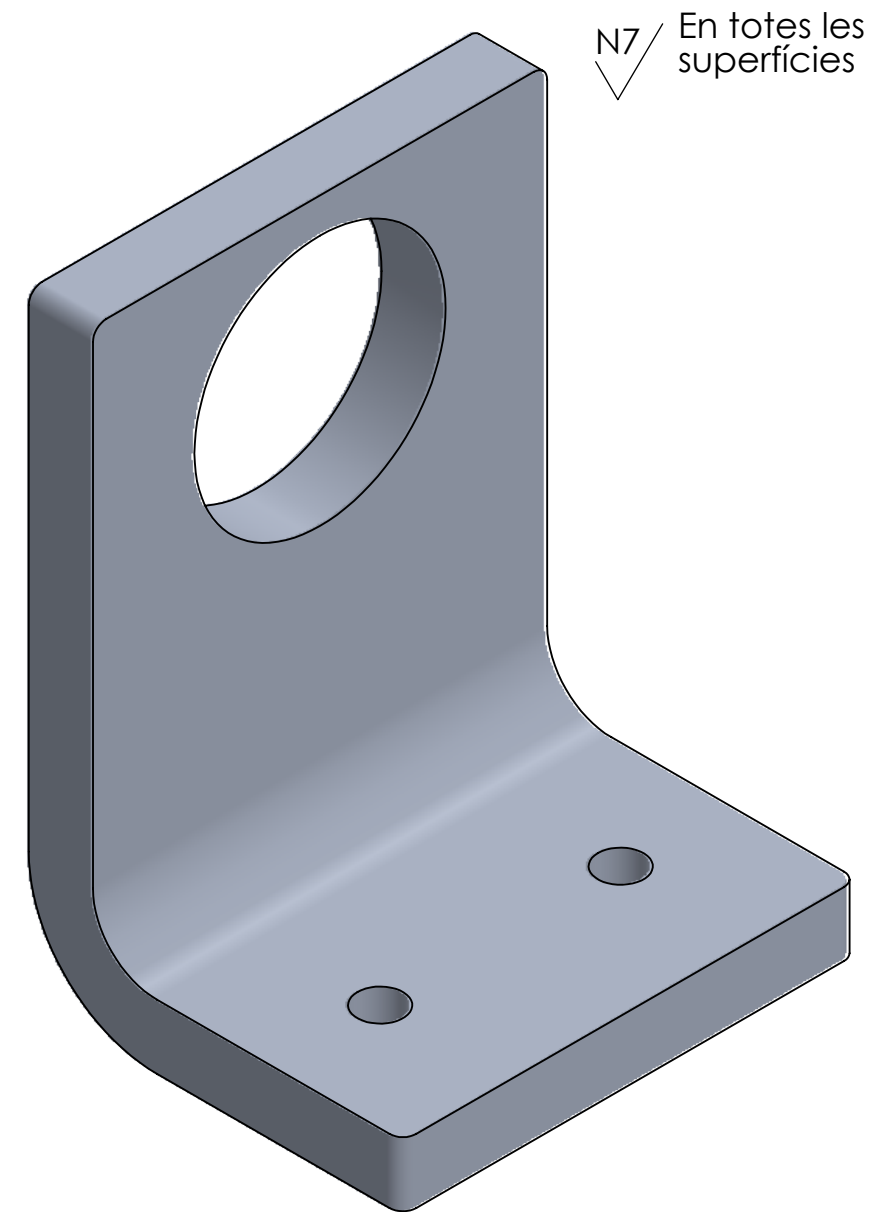
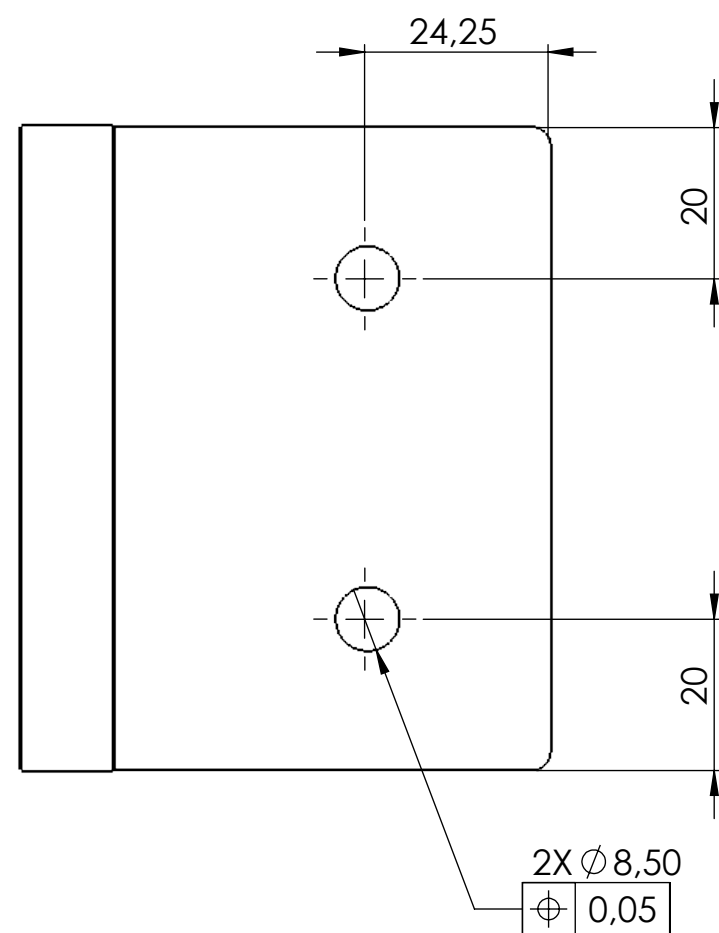
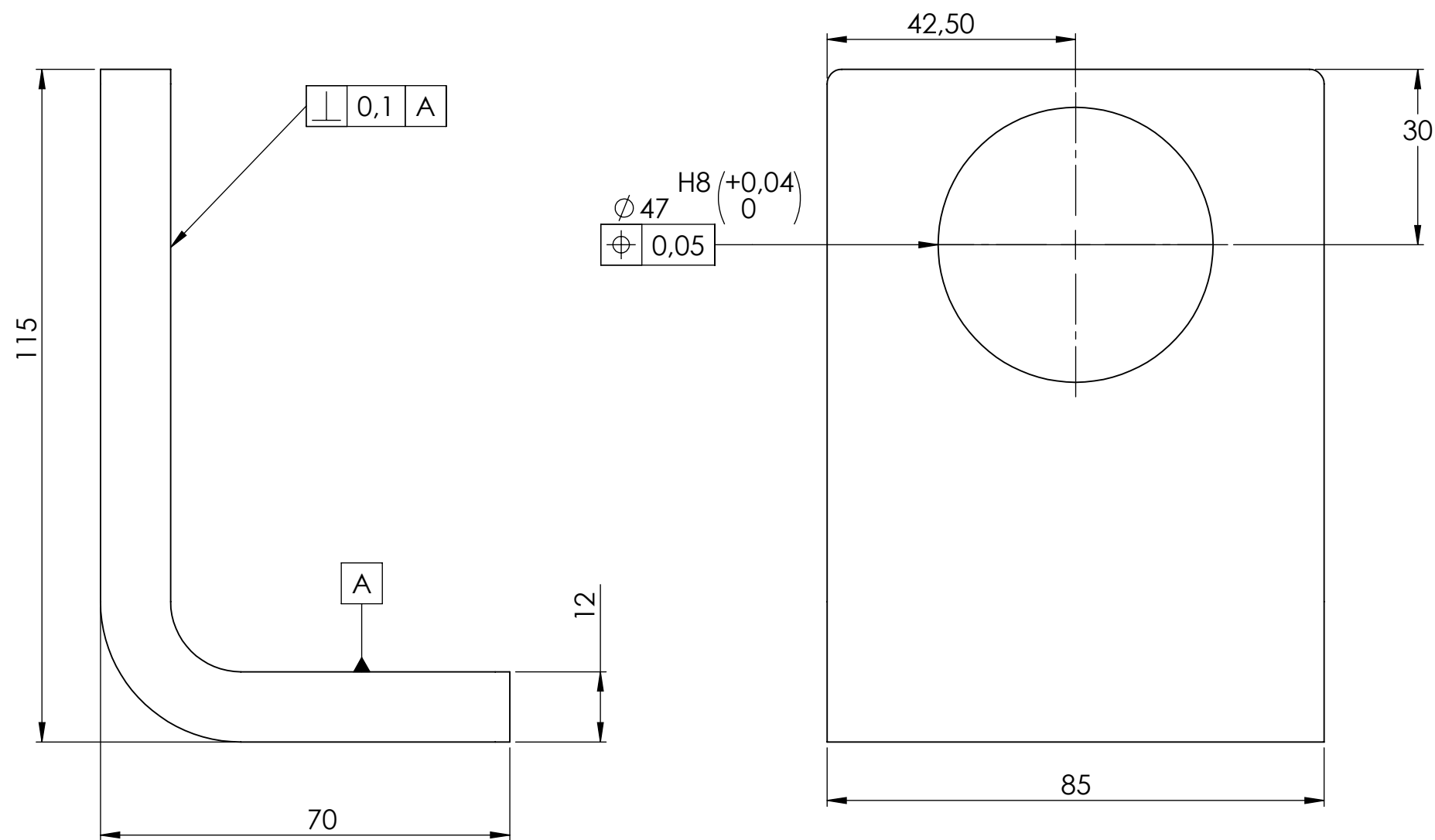


DETALLE D
ESCALA 1 : 1


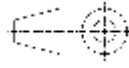


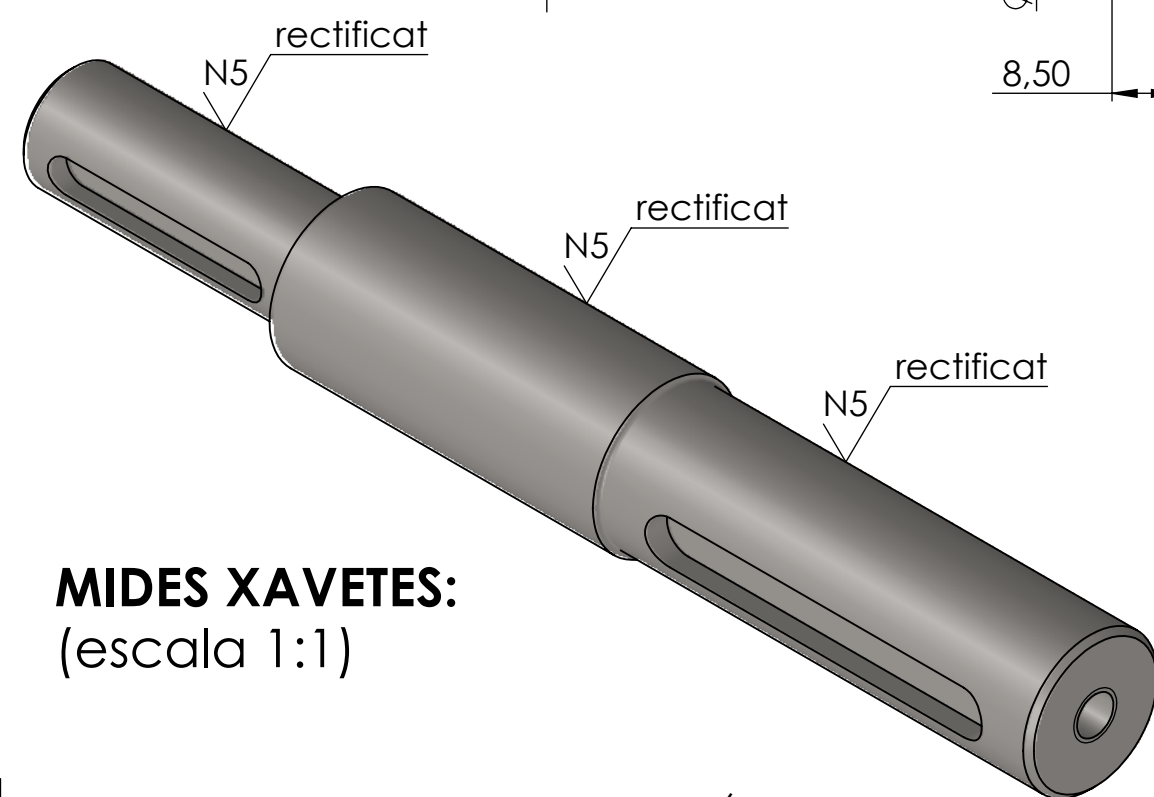
DETALLE A
ESCALA 1 : 1.5

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECCIÓ 		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: PROTECTOR EIXOS	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0009	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA: 1:8	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

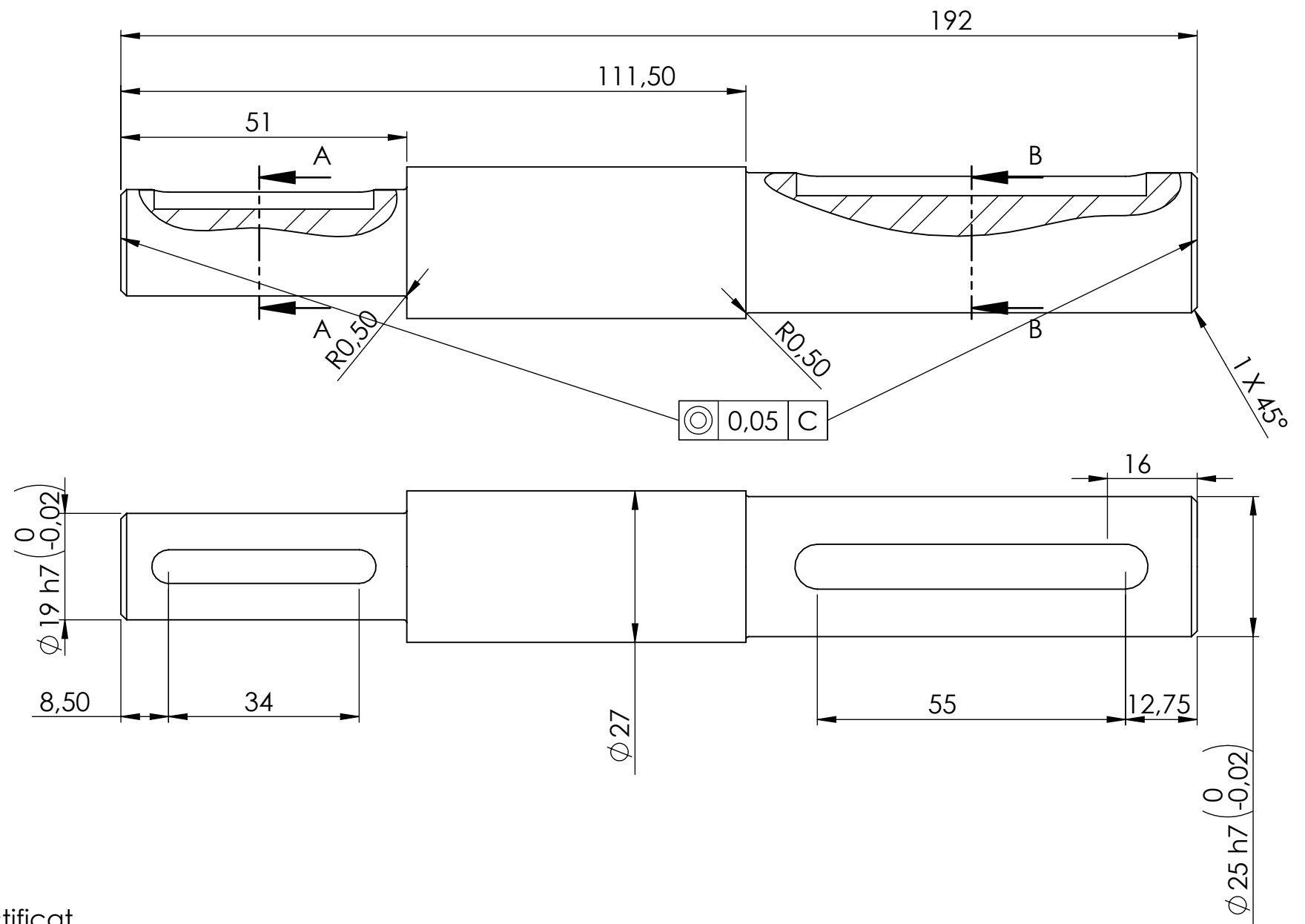
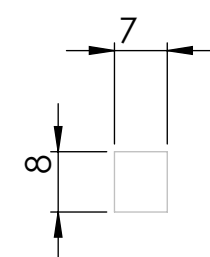
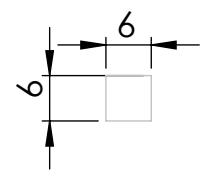
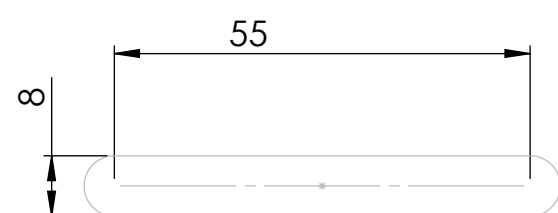



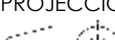
N7 En totes les superfícies

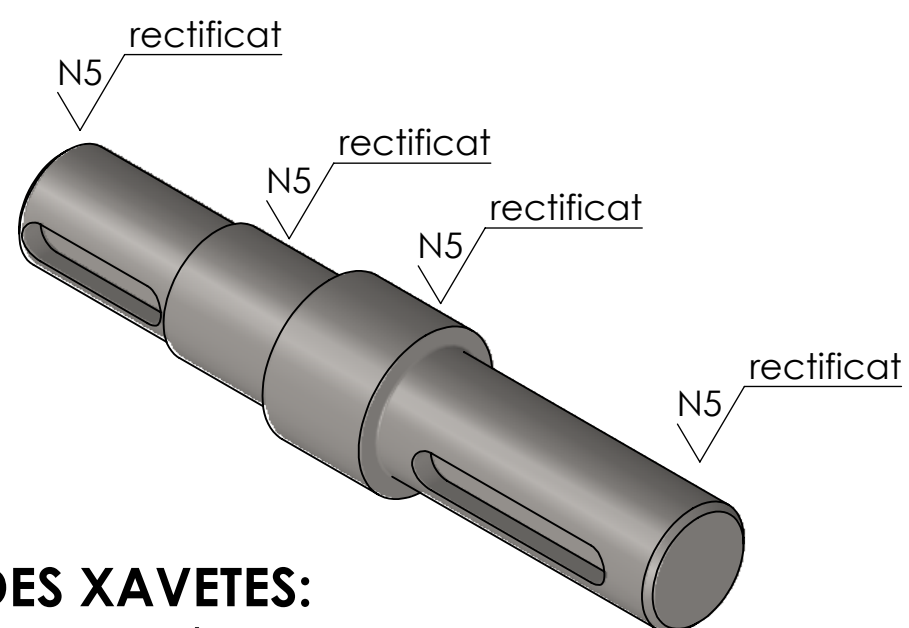
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECCIÓ		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: SUPORT RODAMENT	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0010	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA: 1:1	QUANTITAT:	2
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3



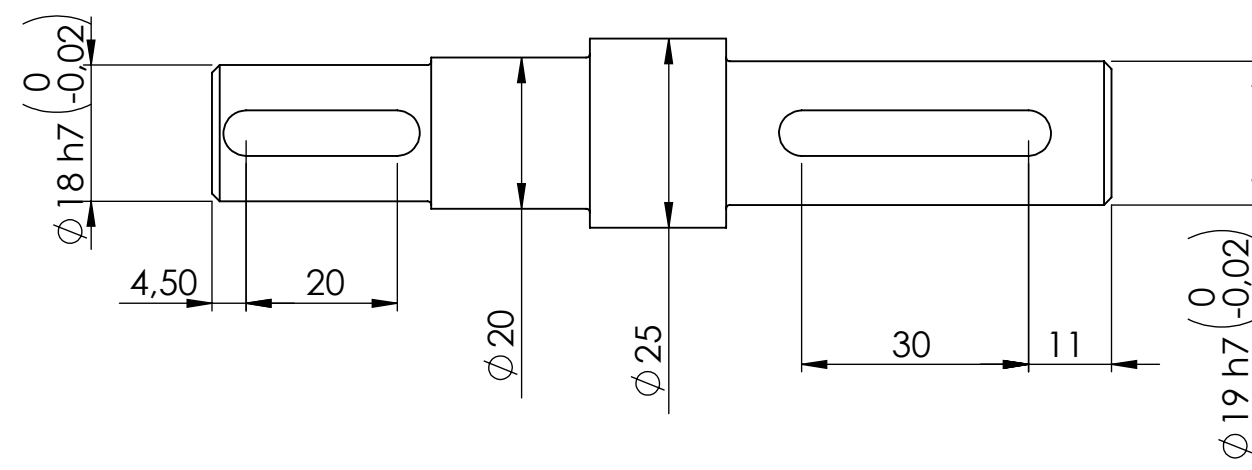
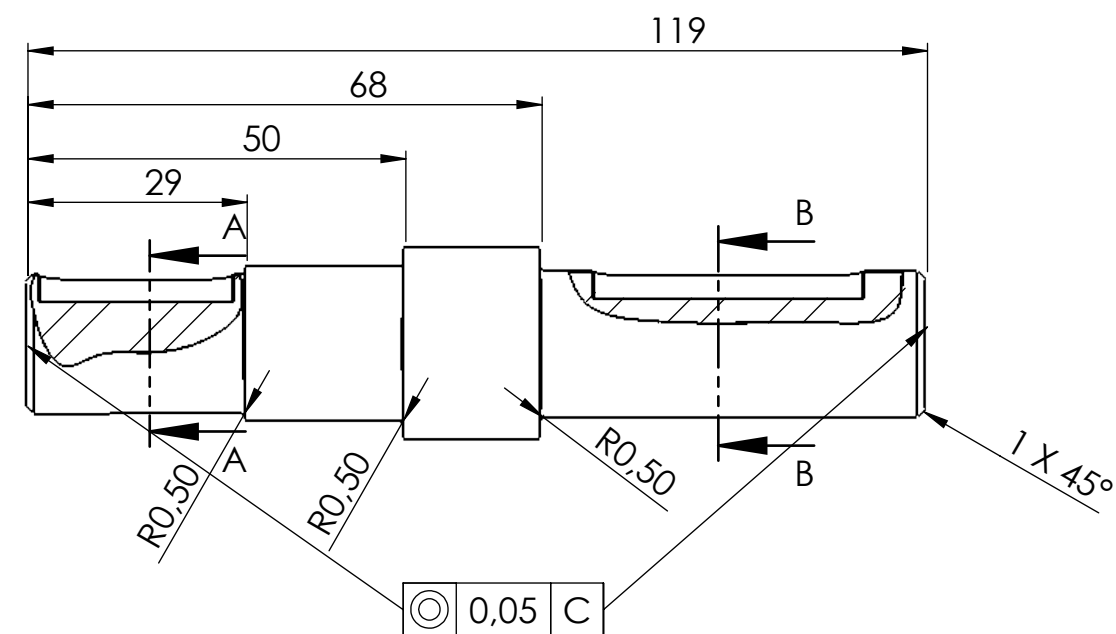
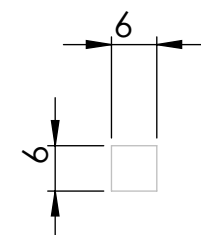
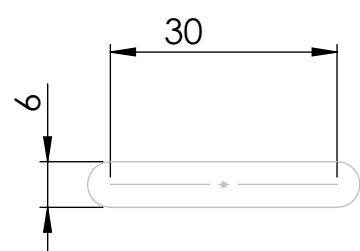
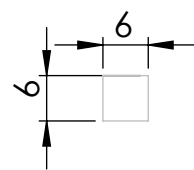
Technical drawing of a horizontal cylinder. The length is dimensioned as 34 and the diameter is dimensioned as 6.


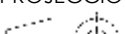


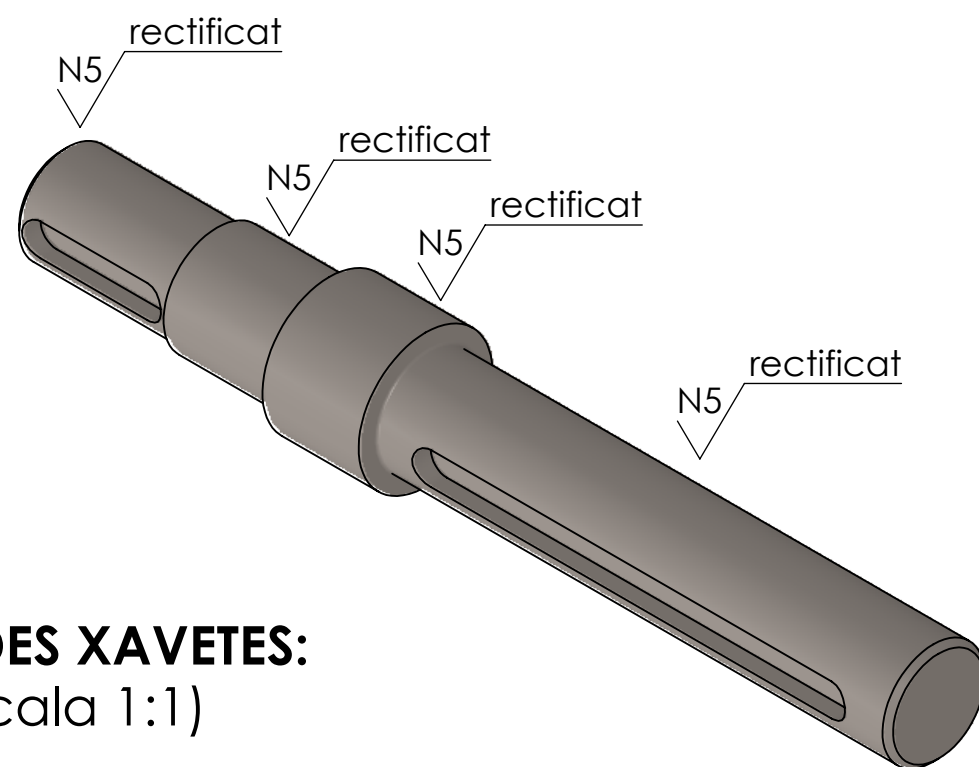
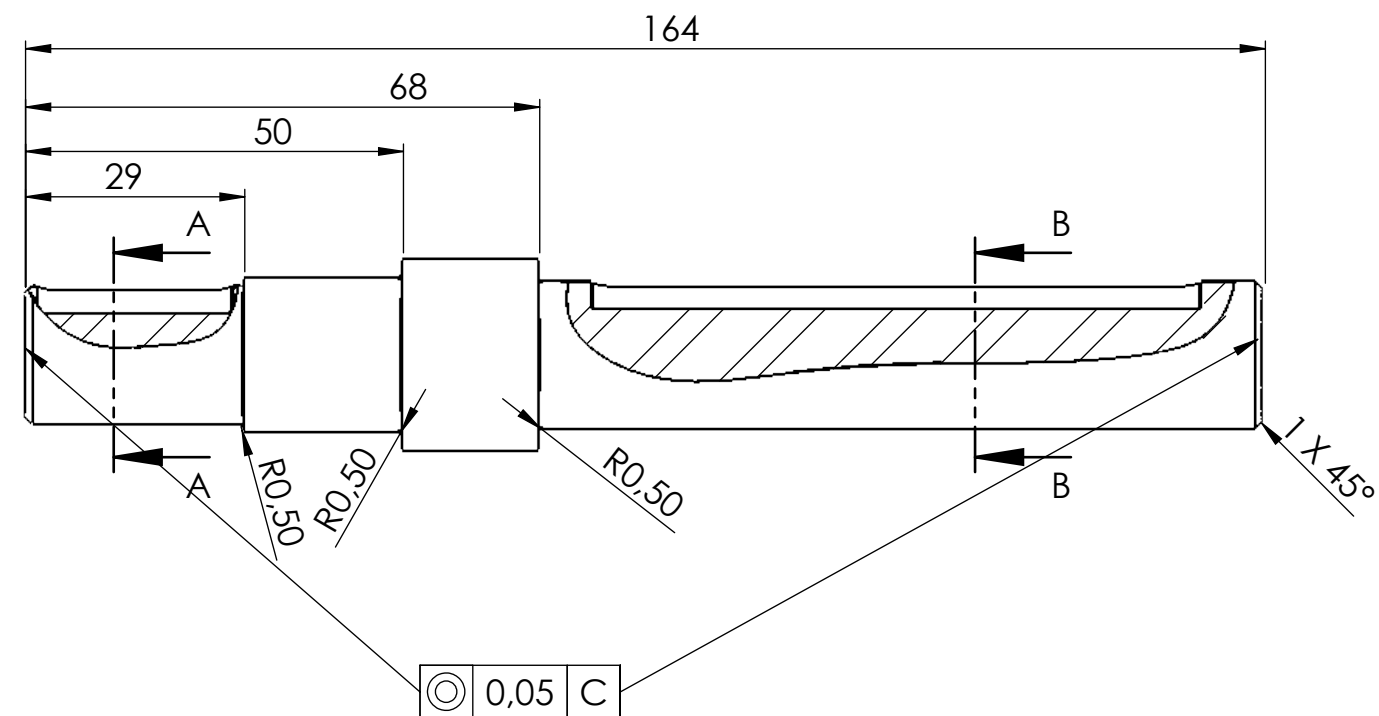
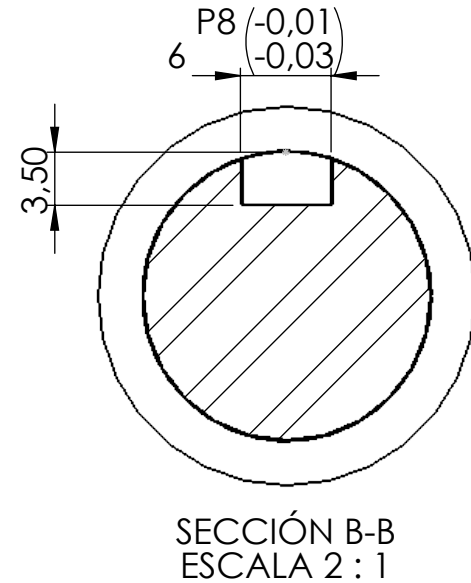
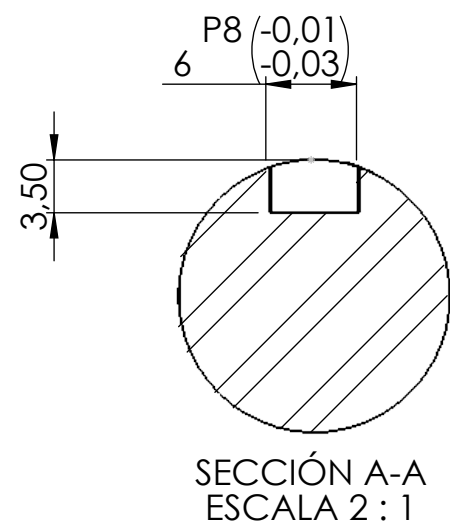
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA:	EIX MOTRIU Z MOTOREDUCTOR
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0011
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:	ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA:	1:1
			QUANTITAT:	1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medicció directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3



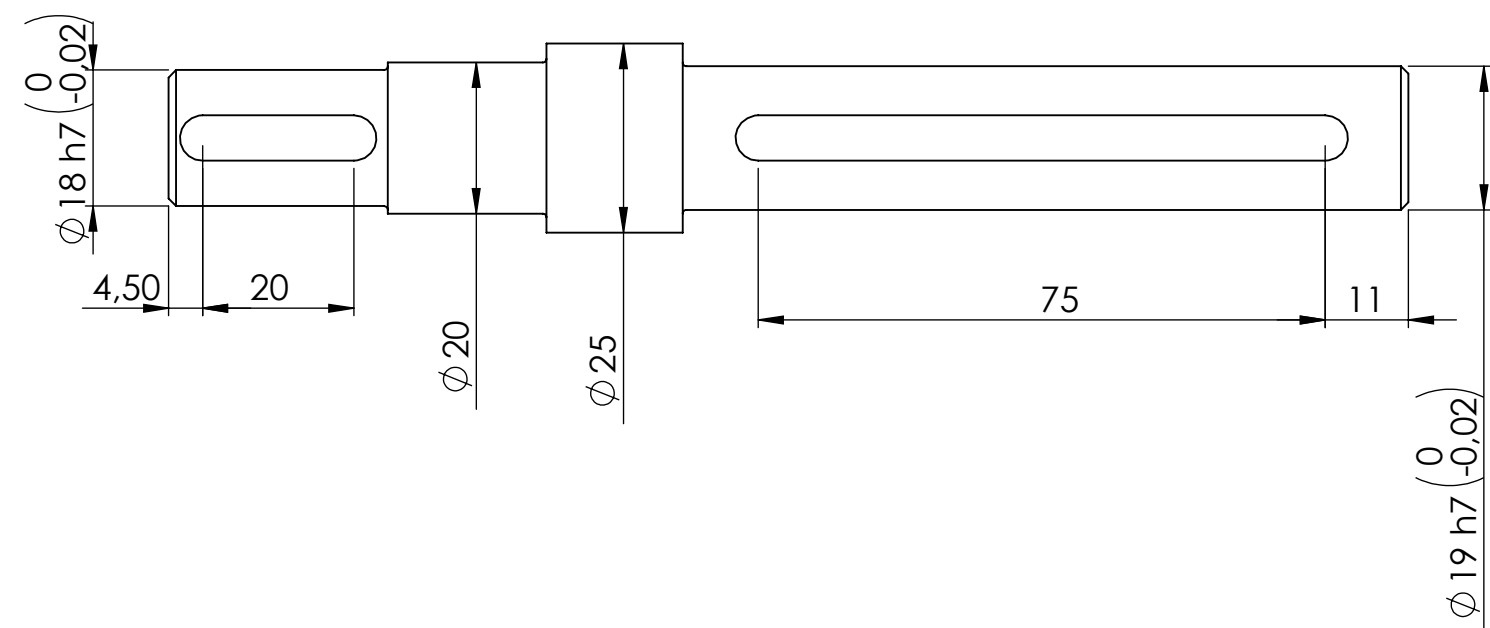
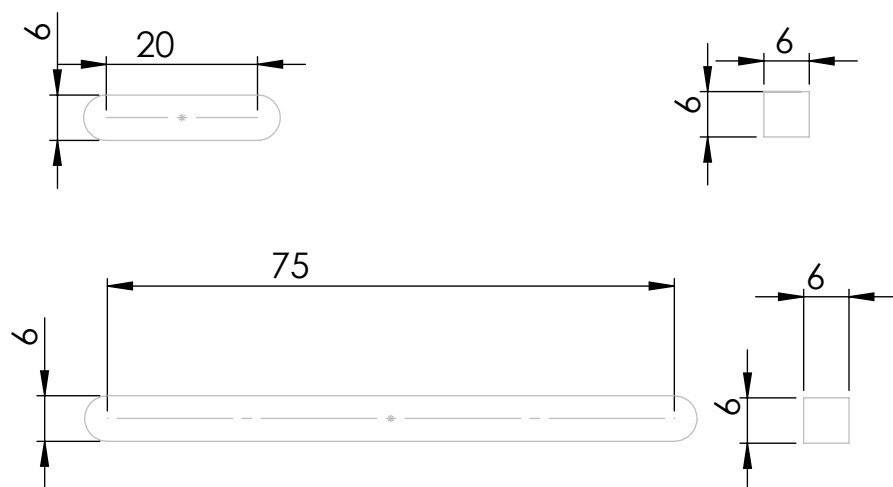
MIDES XAVETES:
(escala 1:1)

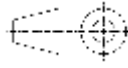


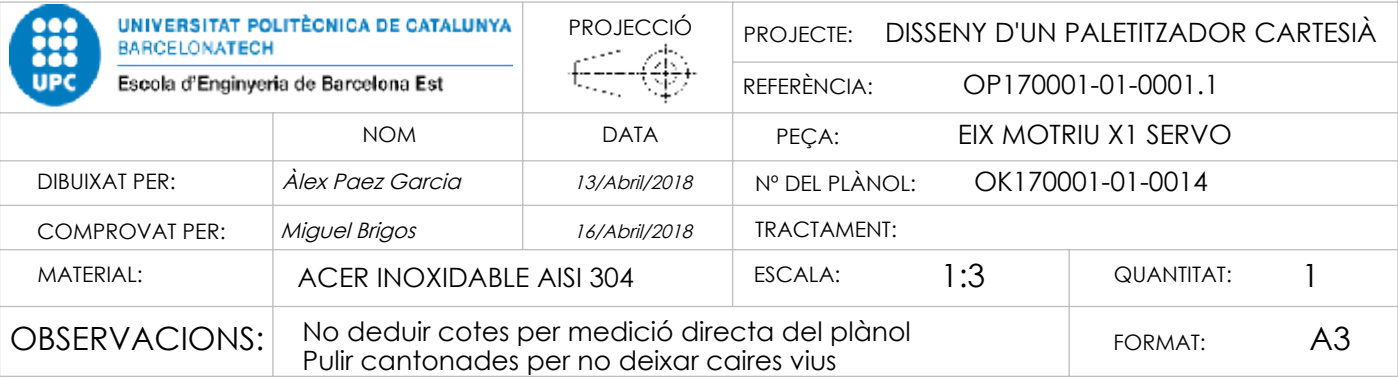
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA:	EIX MOTRIU Z SERVO
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0012
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:	ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA: 1:1	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

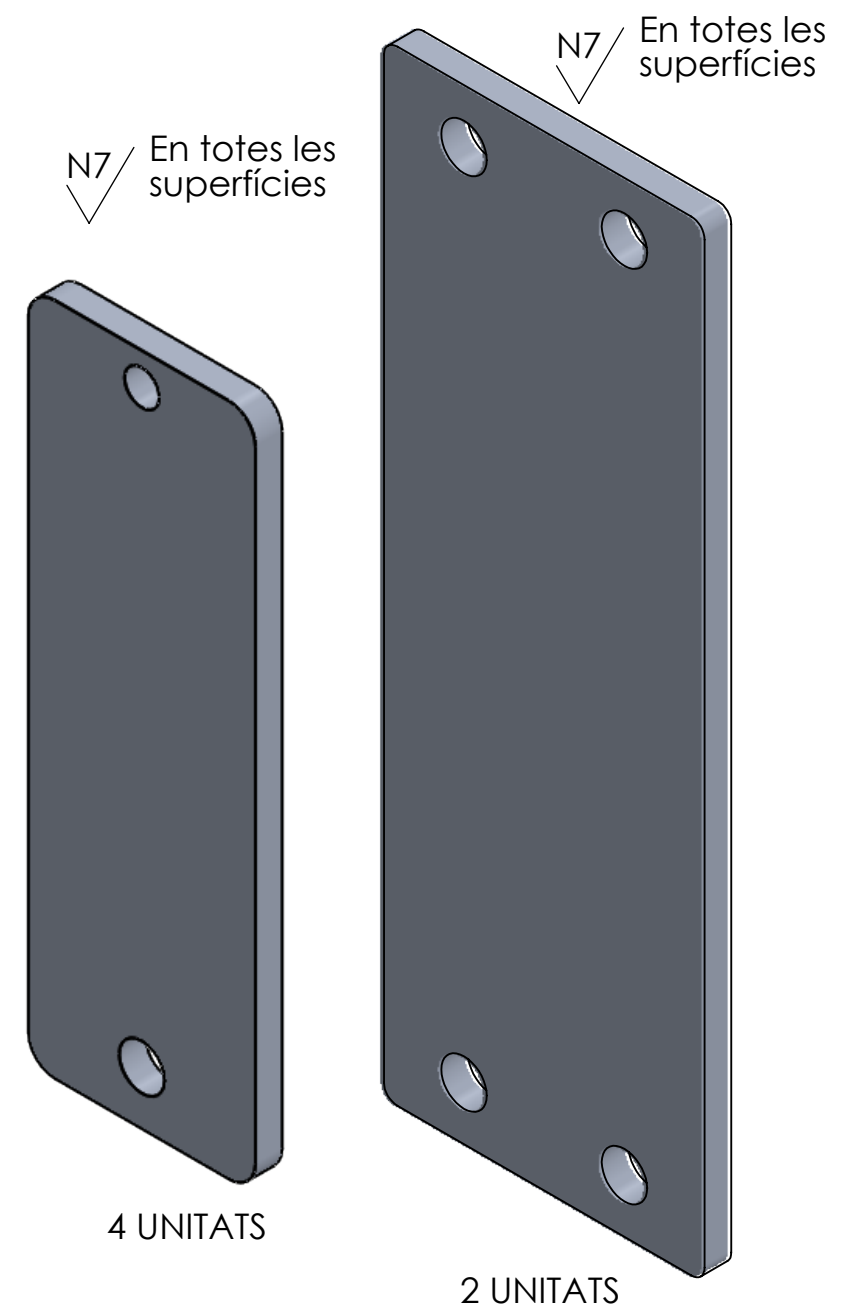
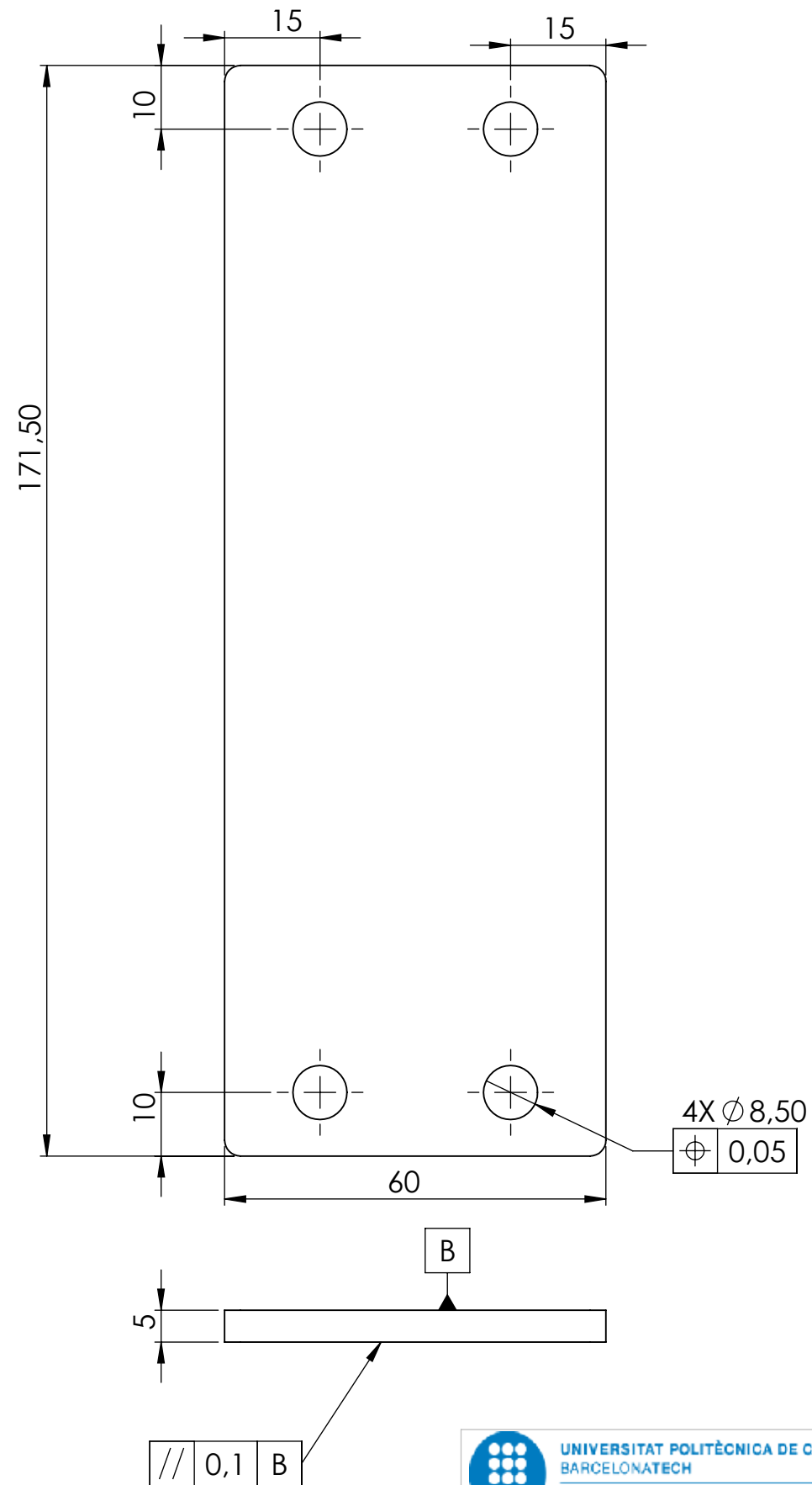
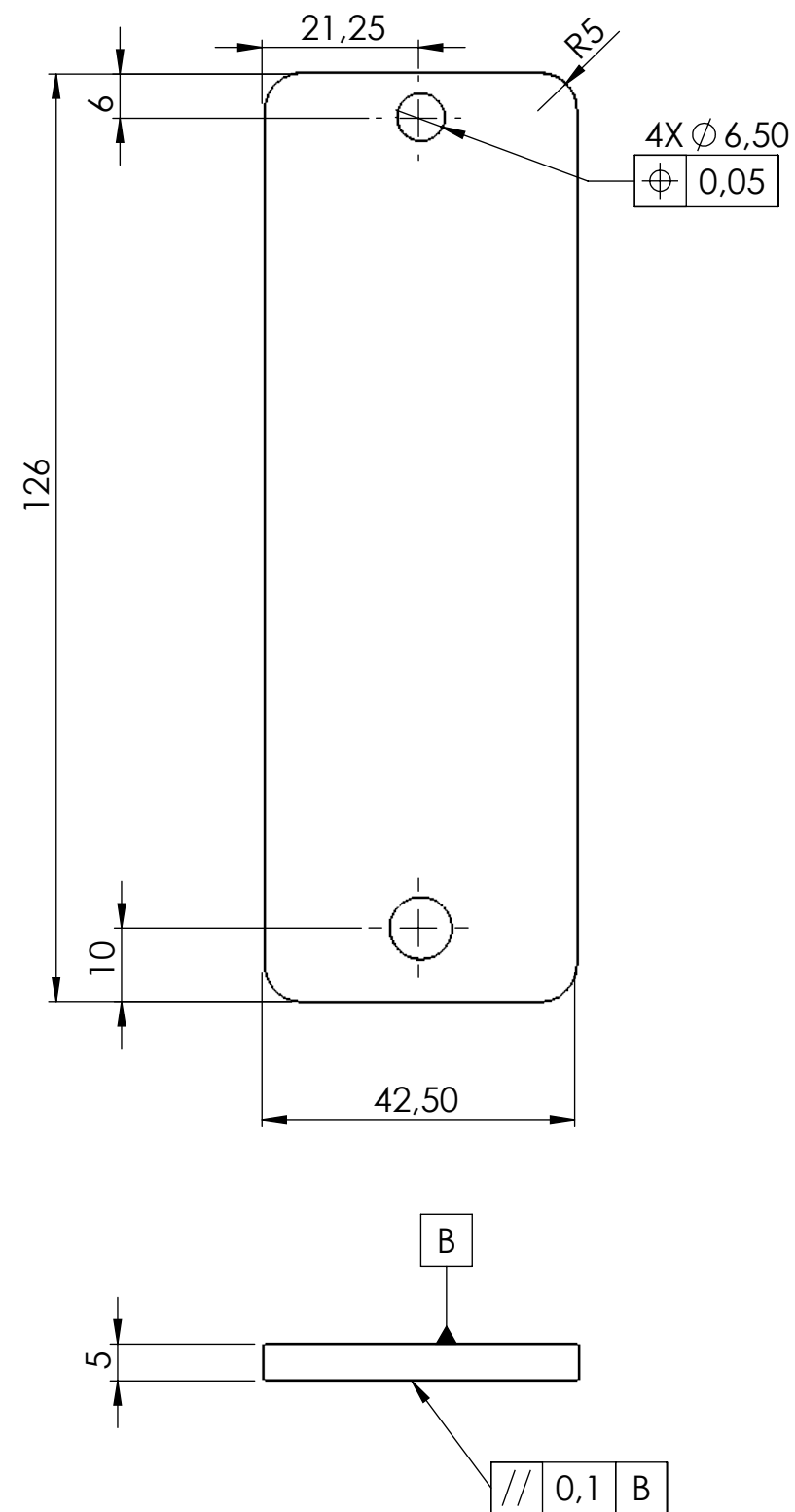



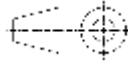
MIDES XAVETES:
(escala 1:1)

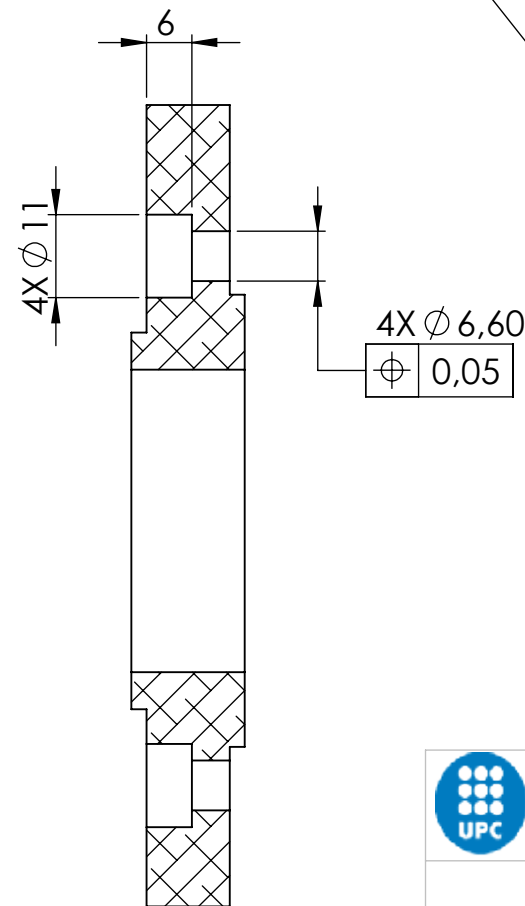
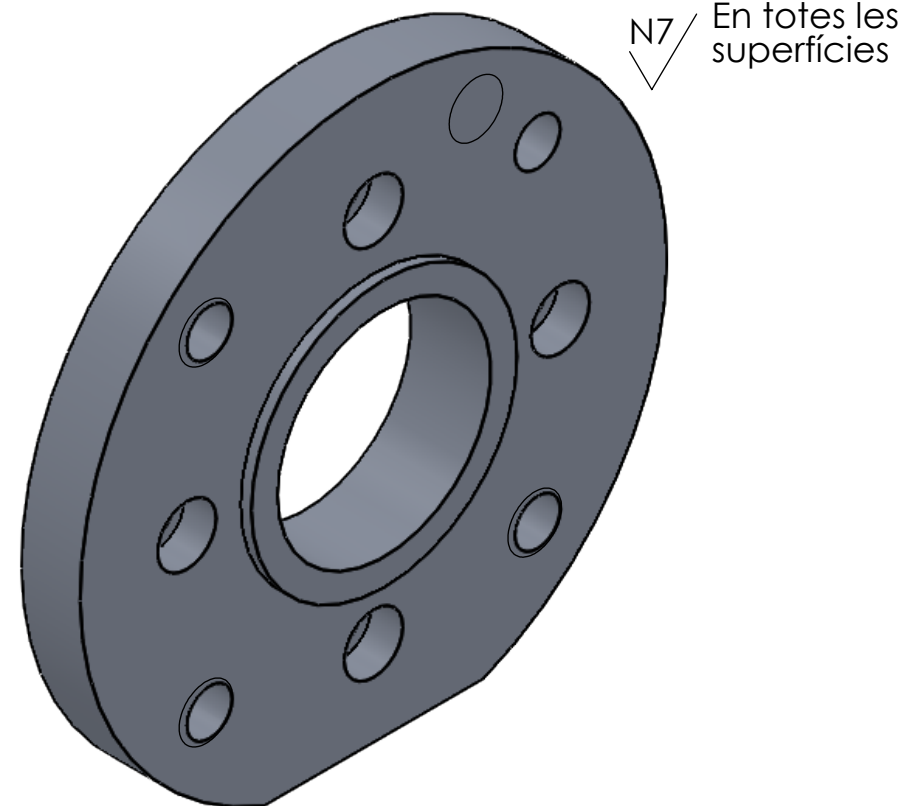
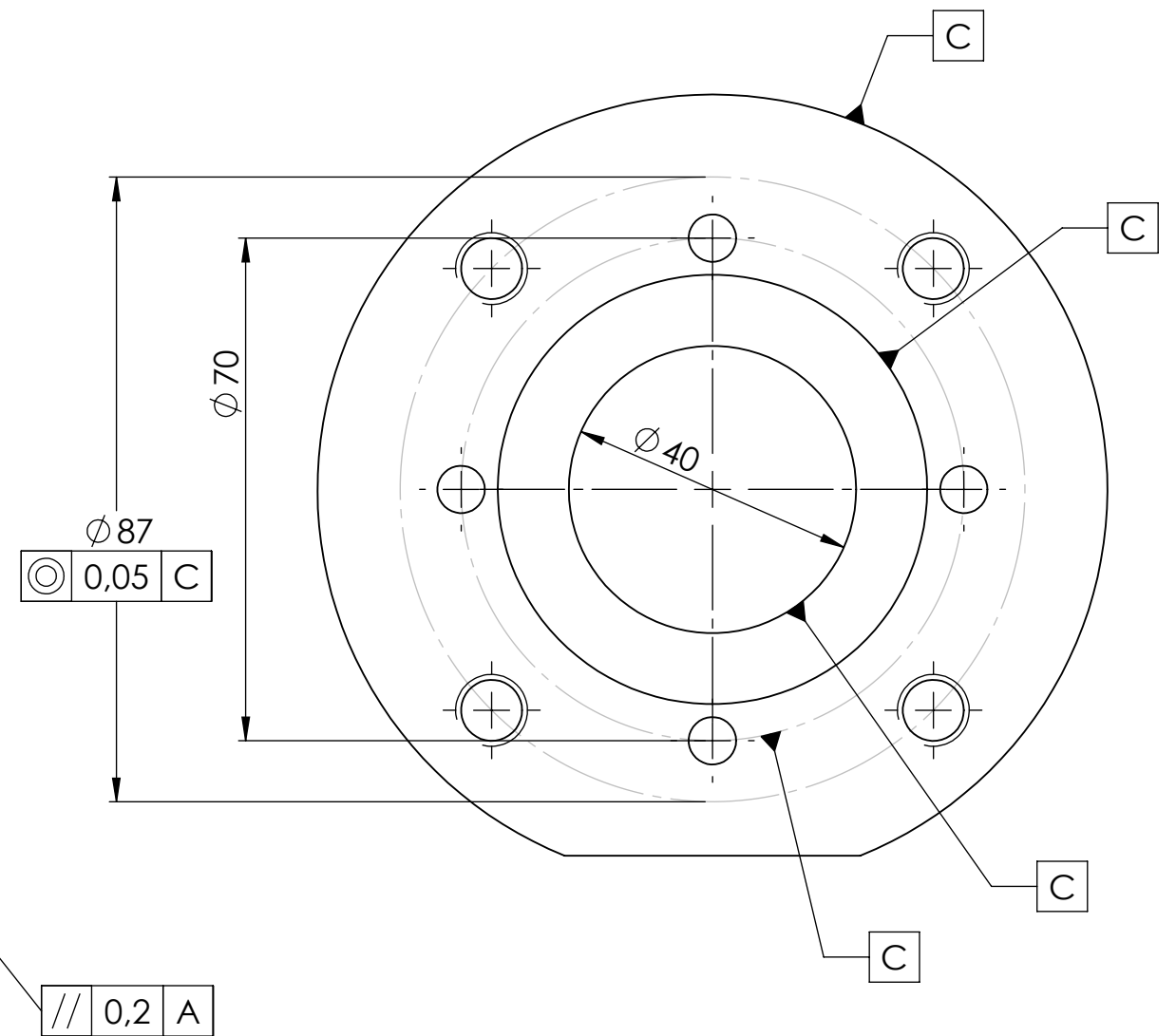
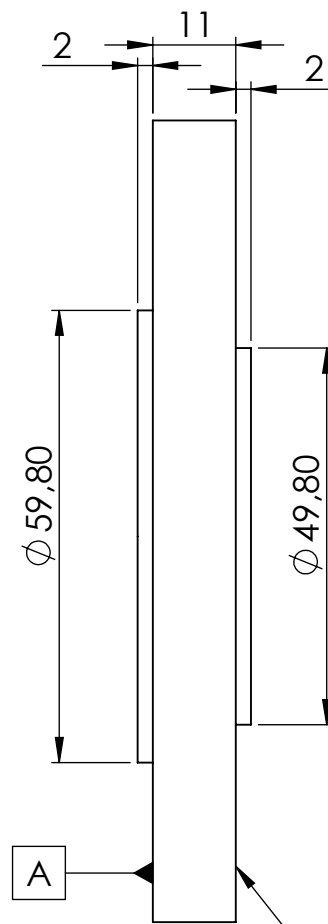
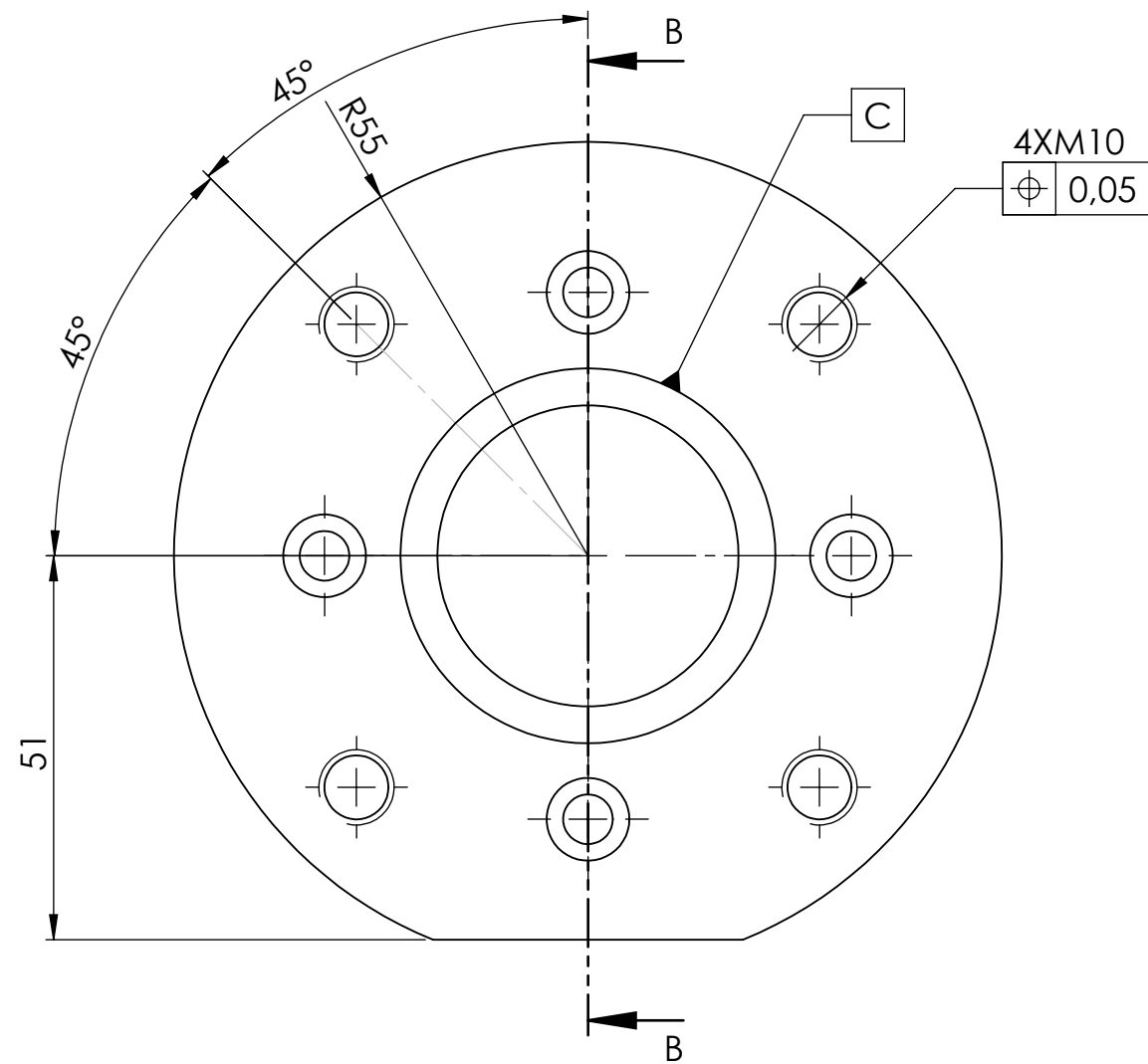


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
DIBUIXAT PER: Àlex Paez Garcia		DATA: 14/Abril/2018	PEÇA: EIX MOTRIU Y SERVO	
COMPROVAT PER: Miguel Brigos		DATA: 16/Abril/2018	N° DEL PLÀNOL: OK170001-01-0013	
MATERIAL: ACER INOXIDABLE AISI 304		ESCALA: 1:1	TRACTAMENT:	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS: No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius				FORMAT: A3


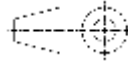


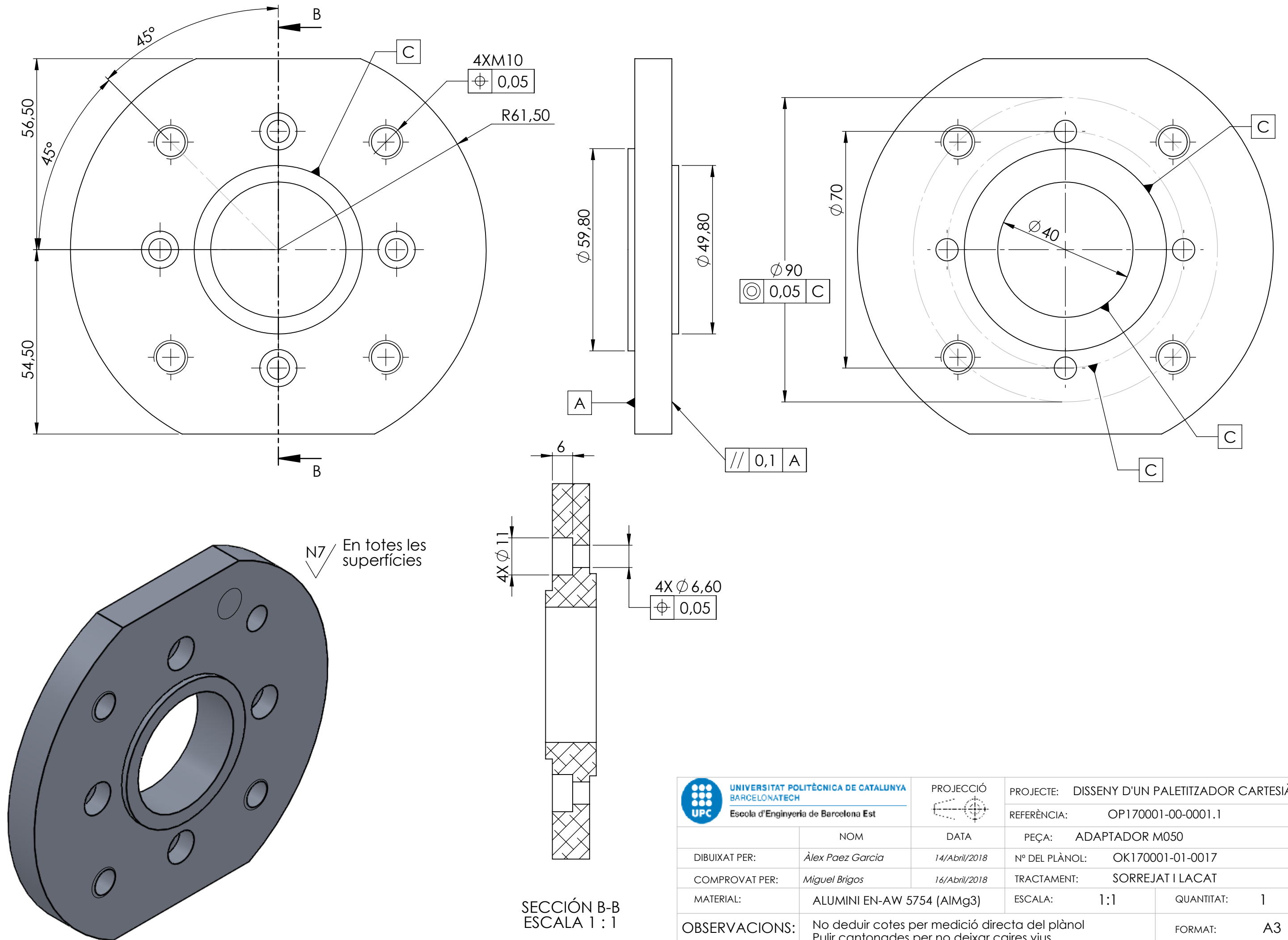



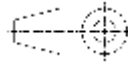
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECCIÓ		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: PLATINES D'UNIÓ	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0015	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA: 1:1	QUANTITAT:	4+2
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

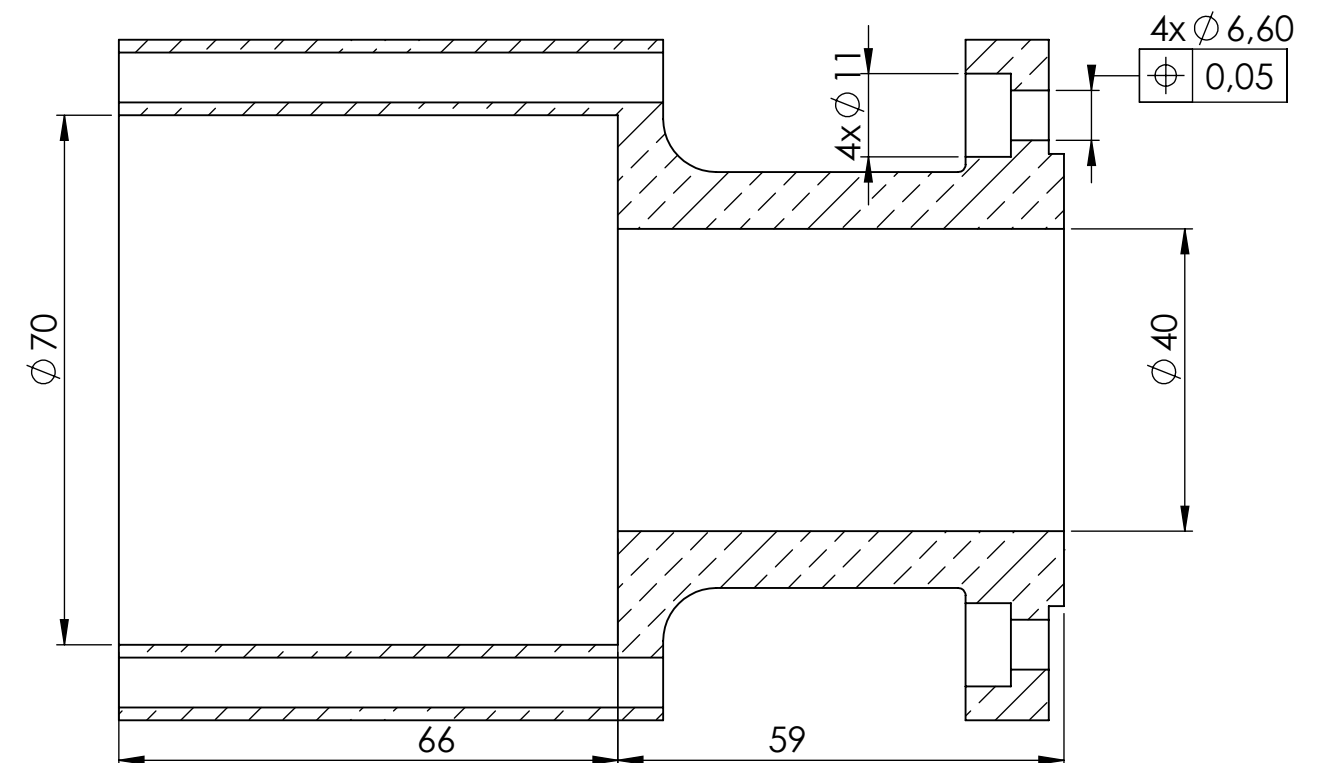
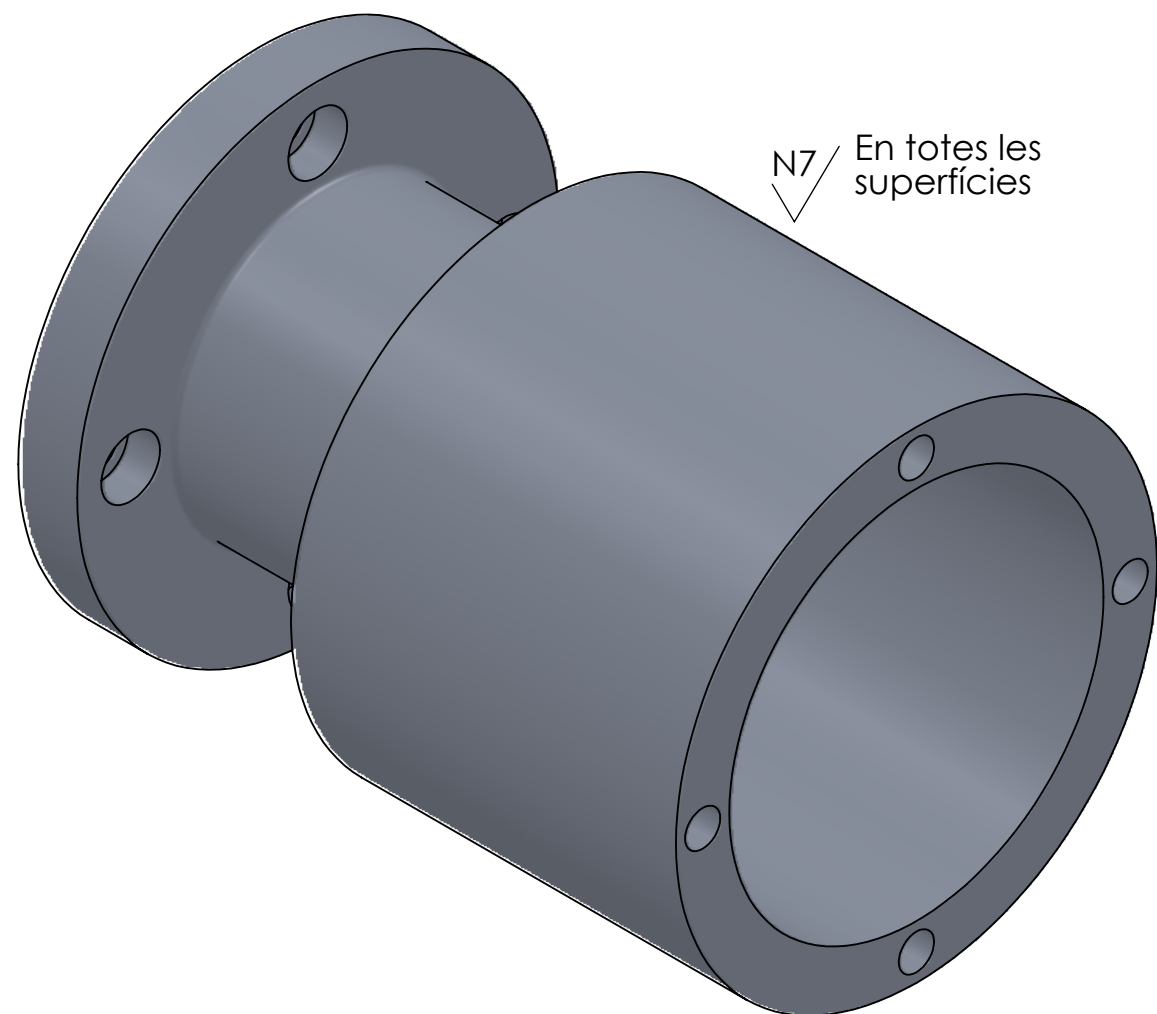
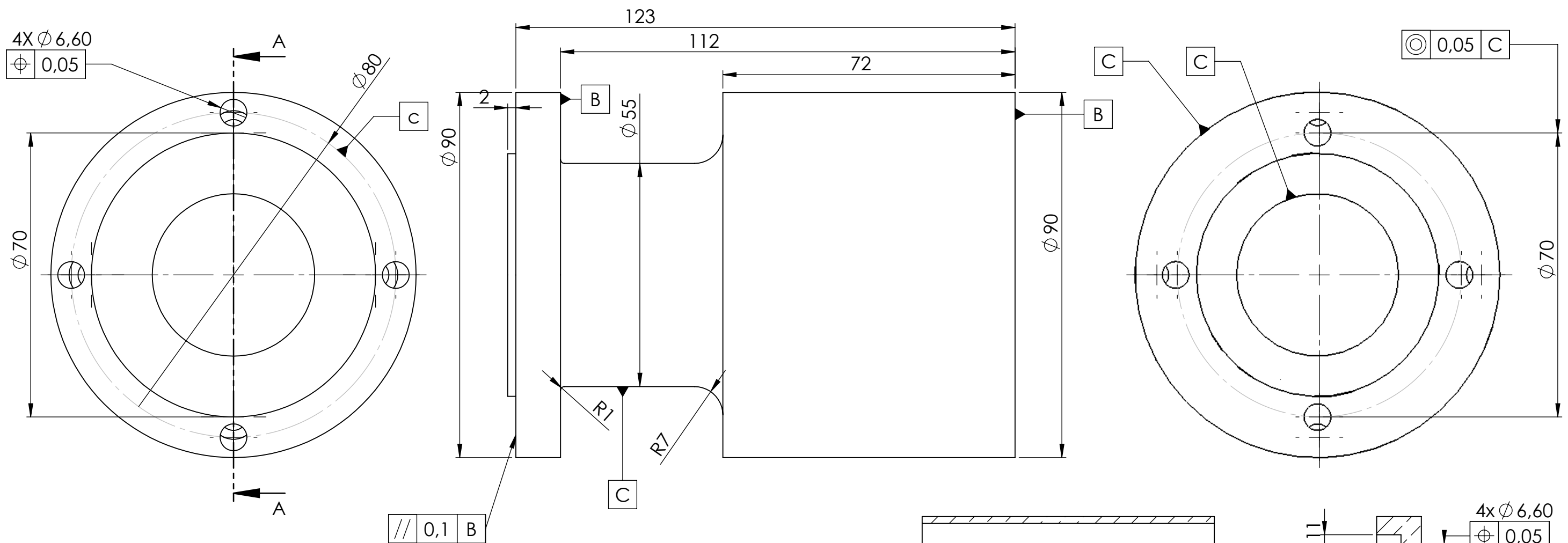



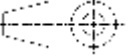
SECCI3N B-B
ESCALA 1 : 1

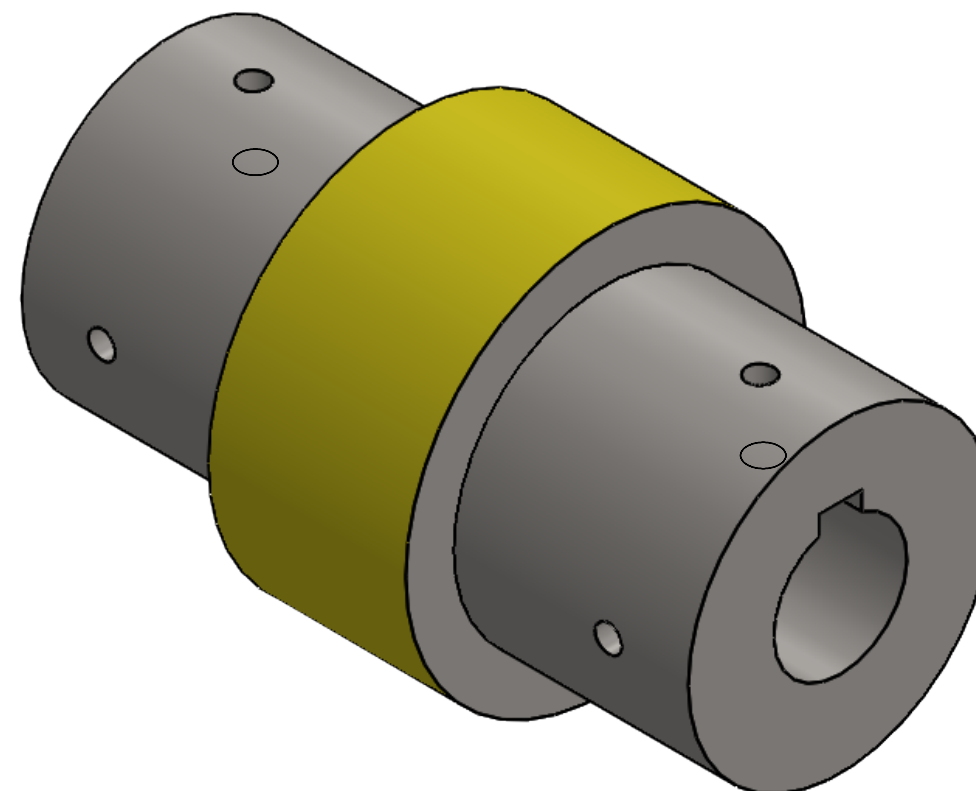
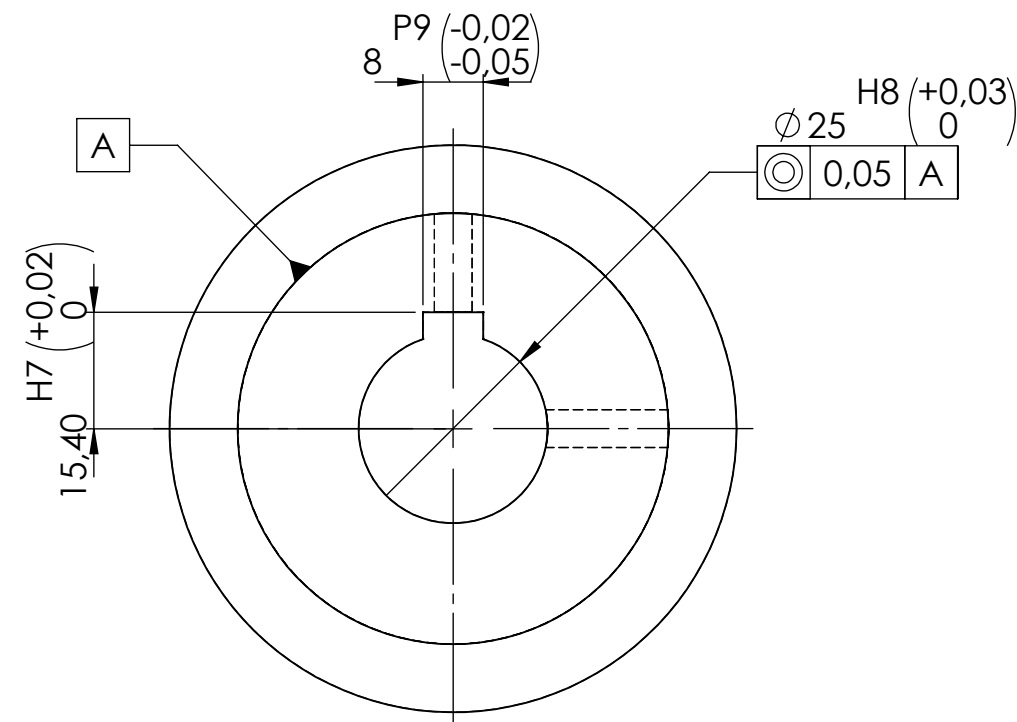
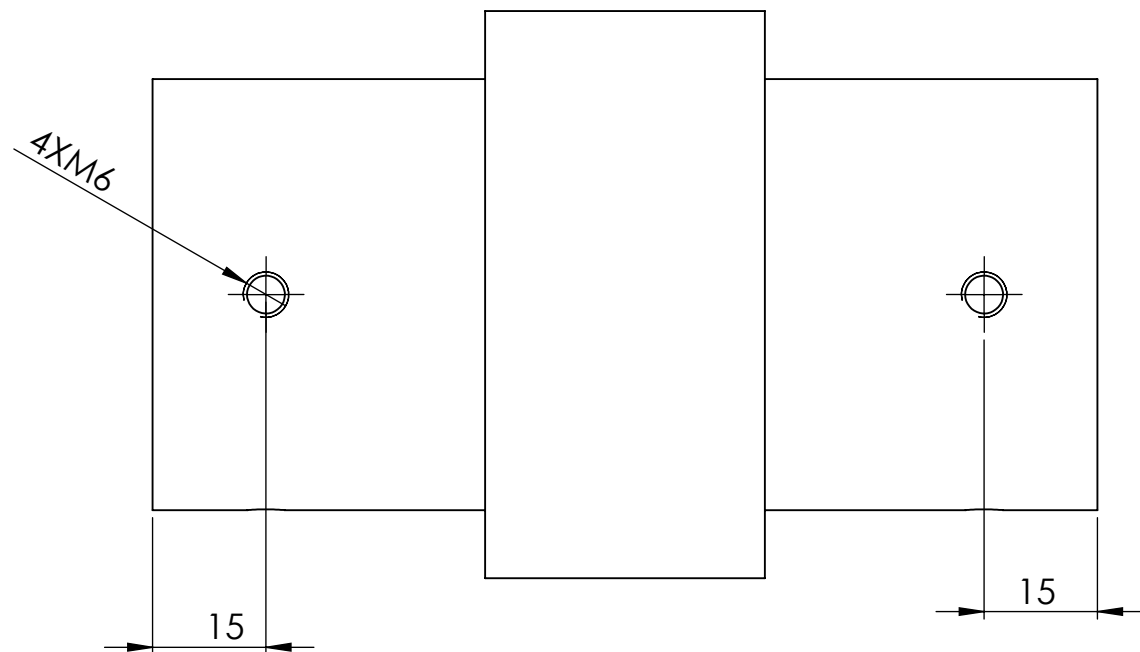
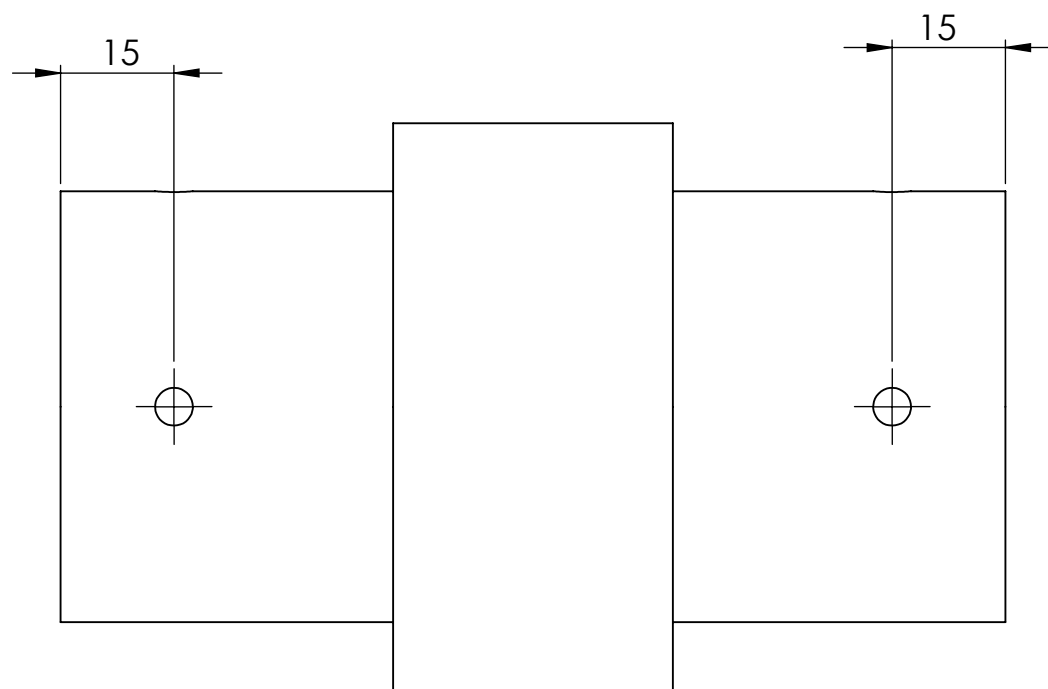
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCI3 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
			PEÇA: ADAPTADOR M045	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0016
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	SORREJAT I LACAT
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA:	1:1	QUANTITAT: 2
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medici3 directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3


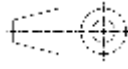


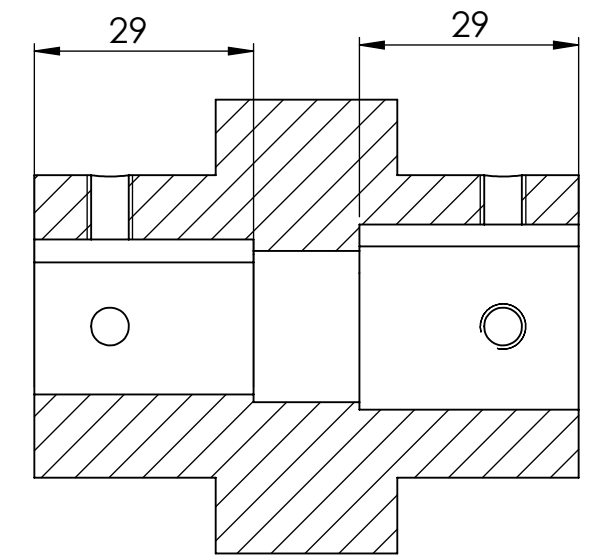
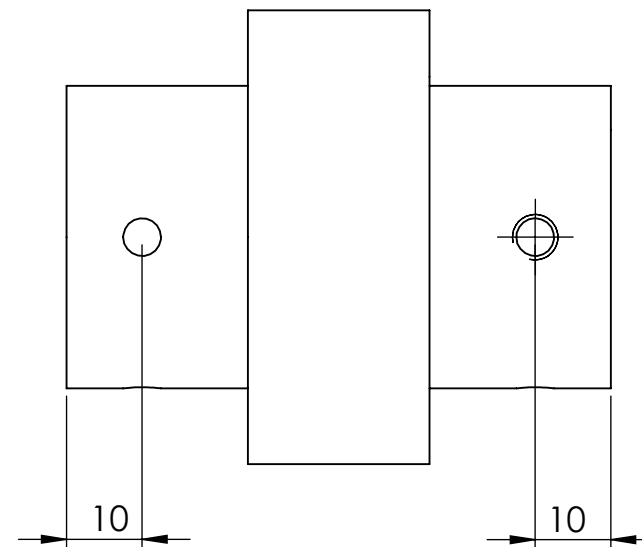
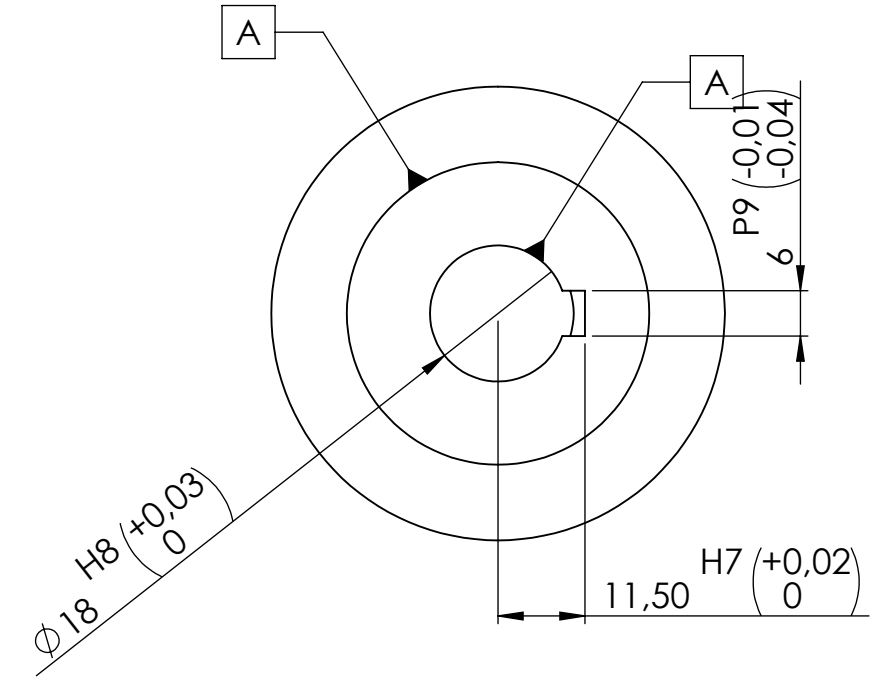
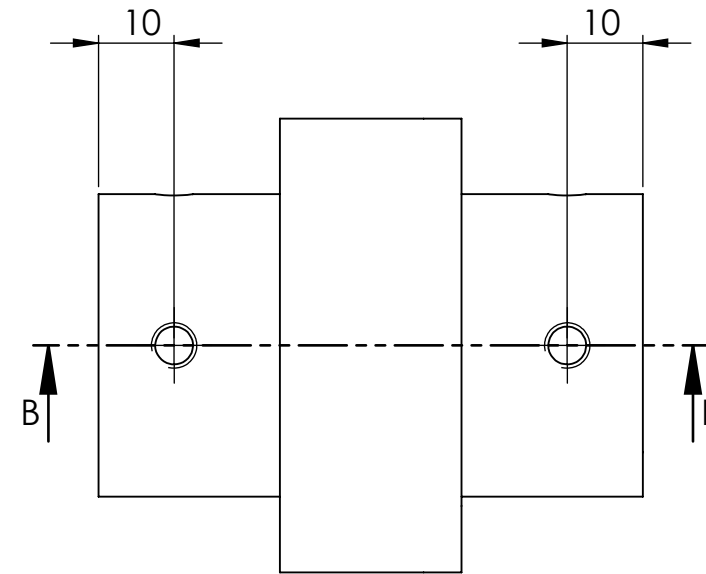
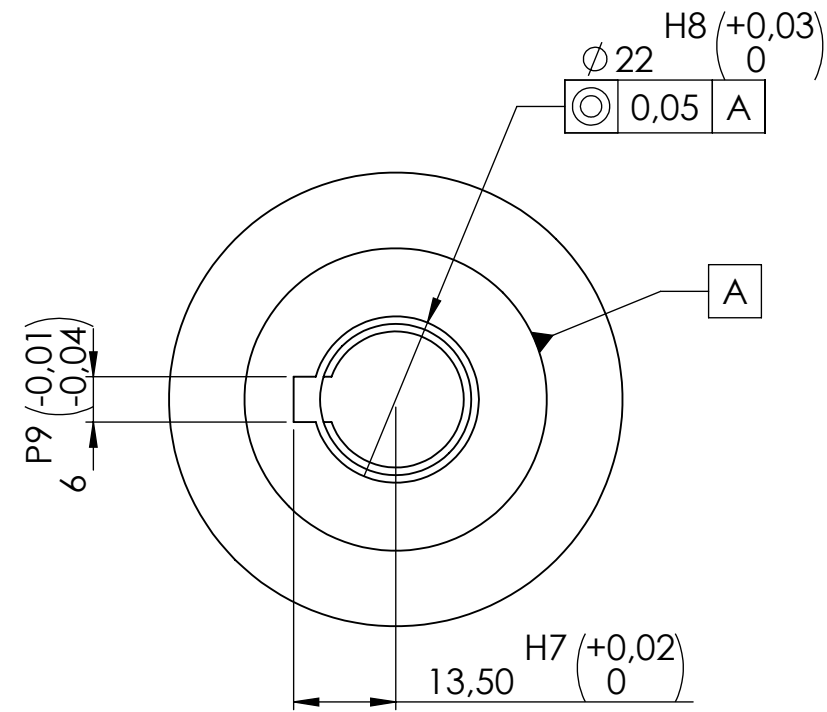
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: ADAPTADOR M050	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0017	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA: 1:1	QUANTITAT: 1	
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3



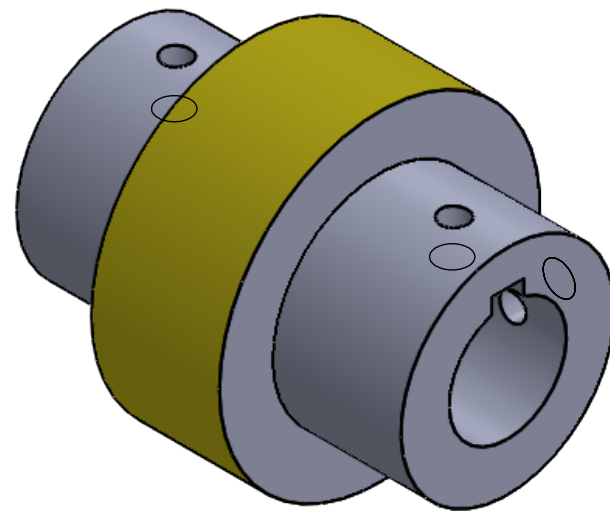
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECCIÓ		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA: ADAPTADOR SERVO	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0018	
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT: SORREJAT I LACAT	
MATERIAL:	ALUMINI EN-AW 5754 (AlMg3)	ESCALA: 1:1	QUANTITAT: 3	
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3


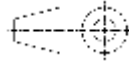


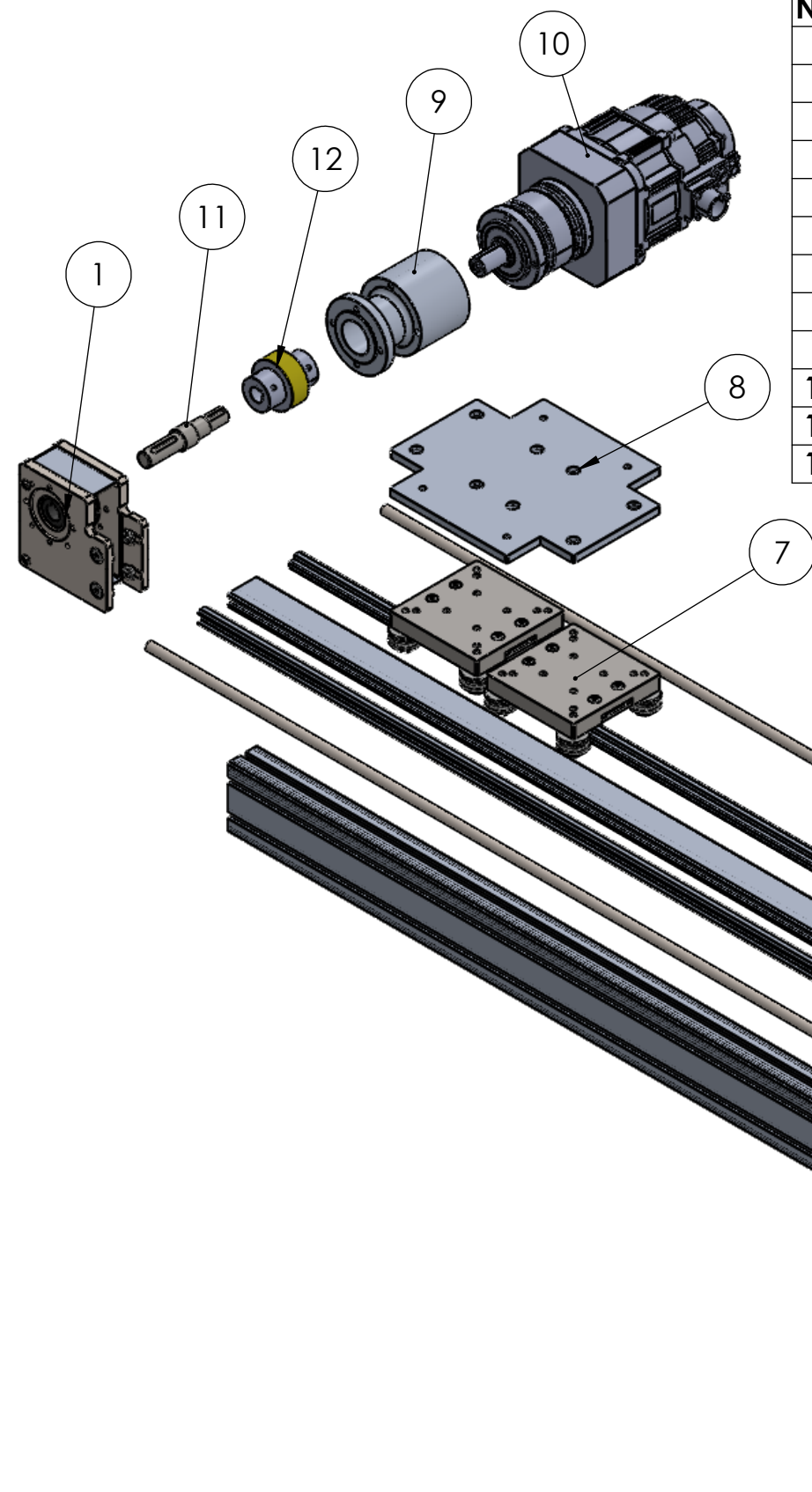
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
	NOM	DATA	PEÇA:	MECANITZATS ACOBLAMENT SE75
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-01-0020
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:			ESCALA:	1:1
OBSERVACIONS:			QUANTITAT:	1
			FORMAT:	A3
			No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius	



SECCIÓN B-B


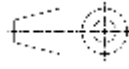


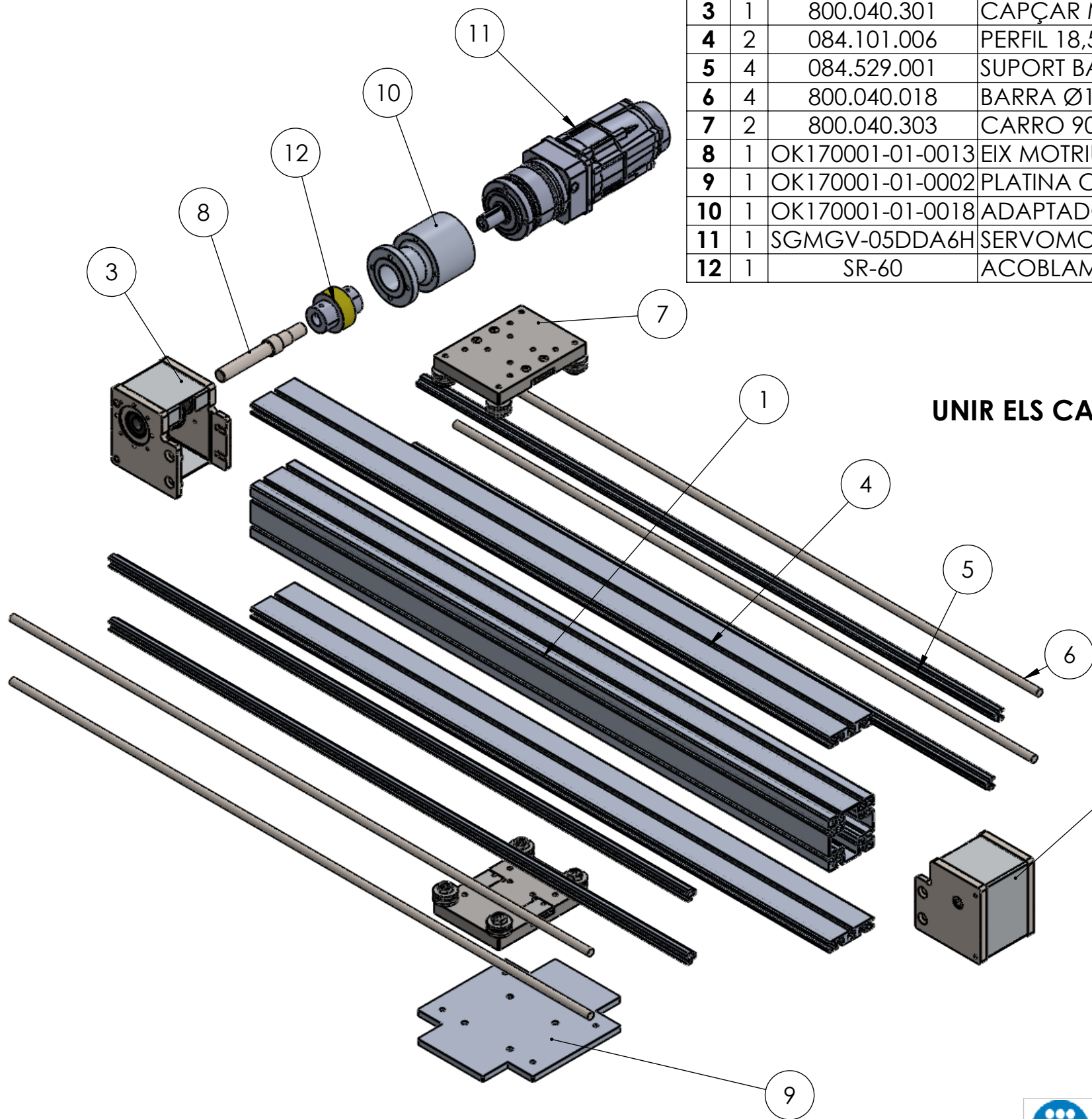
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
				REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
				PEÇA: MECANITZATS ACOBLAMENT SR60	
DIBUIXAT PER: Àlex Paez Garcia		DATA: 14/Abril/2018		Nº DEL PLÀNOL: OK170001-01-0021	
COMPROVAT PER: Miguel Brigos		DATA: 16/Abril/2018		TRACTAMENT:	
MATERIAL:		ESCALA: 1:1		QUANTITAT: 1	
OBSERVACIONS:		No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3



N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓ	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	800.040.201	CAPÇAL MOTRIU GUIA 45X90	SITALU					
2	1	800.040.202	CAPÇAL REENVIAMENT GUIA 45X90	SITALU					
3	1	084.101.004	PERFIL 18,5X45	SITALU	1700	4 REP.			
4	2	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1700				
5	2	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1700				
6	1	084.101.021	PERFIL 45X90	SITALU	1700				
7	2	800.040.203	CARRO GUIA 45X90	SITALU					4XM8
8	1	OK170001-01-0003	PLATINA CARRO 45X90	TEKINOX					
9	1	OK170001-01-0018	ADAPTADOR SERVO	ZAMEC					
10	1	SGMGV-09DDA6H	SERVOMOTOR EIX Z I X	YASKAWA					
11	1	OK170001-01-0012	EIX MOTRIU Z SERVO	ZAMEC					
12	1	SR-60	ACOBLEMENT SR-60	ALBERT					


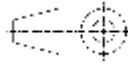
UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=16

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1
			PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Z SERVO
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-02-0001
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:
MATERIAL:		ESCALA: 1:7	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius		FORMAT: A3

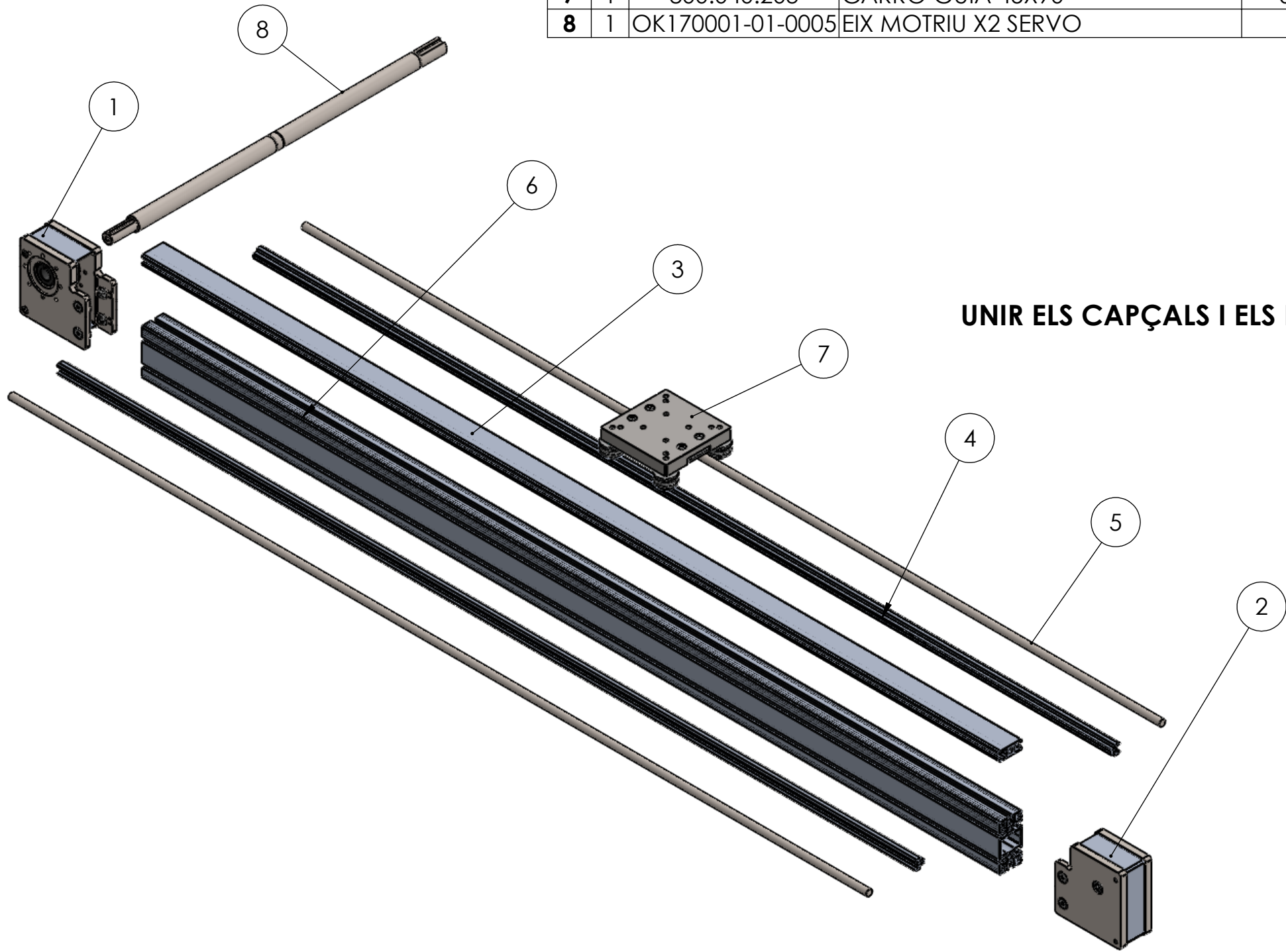


N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1149				
2	1	800.040.302	CAPÇAL REENVIAMENT 90X90	SITALU					2XM6
3	1	800.040.301	CAPÇAR MOTRIUT 90X90	SITALU					2XM6
4	2	084.101.006	PERFIL 18,5X90	SITALU	1149	4 REP.			
5	4	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1149				
6	4	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1149				
7	2	800.040.303	CARRO 90X90	SITALU					4XM8
8	1	OK170001-01-0013	EIX MOTRIU Y SERVO	ZAMEC					
9	1	OK170001-01-0002	PLATINA CARRO 90X90	TEKINOX					
10	1	OK170001-01-0018	ADAPTADOR SERVO	ZAMEC					
11	1	SGMGV-05DDA6H	SERVOMOTOR EIX Y	YASKAWA					
12	1	SR-60	ACOBLEMENT SR-60	ALBERT					


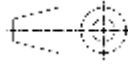
UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=25

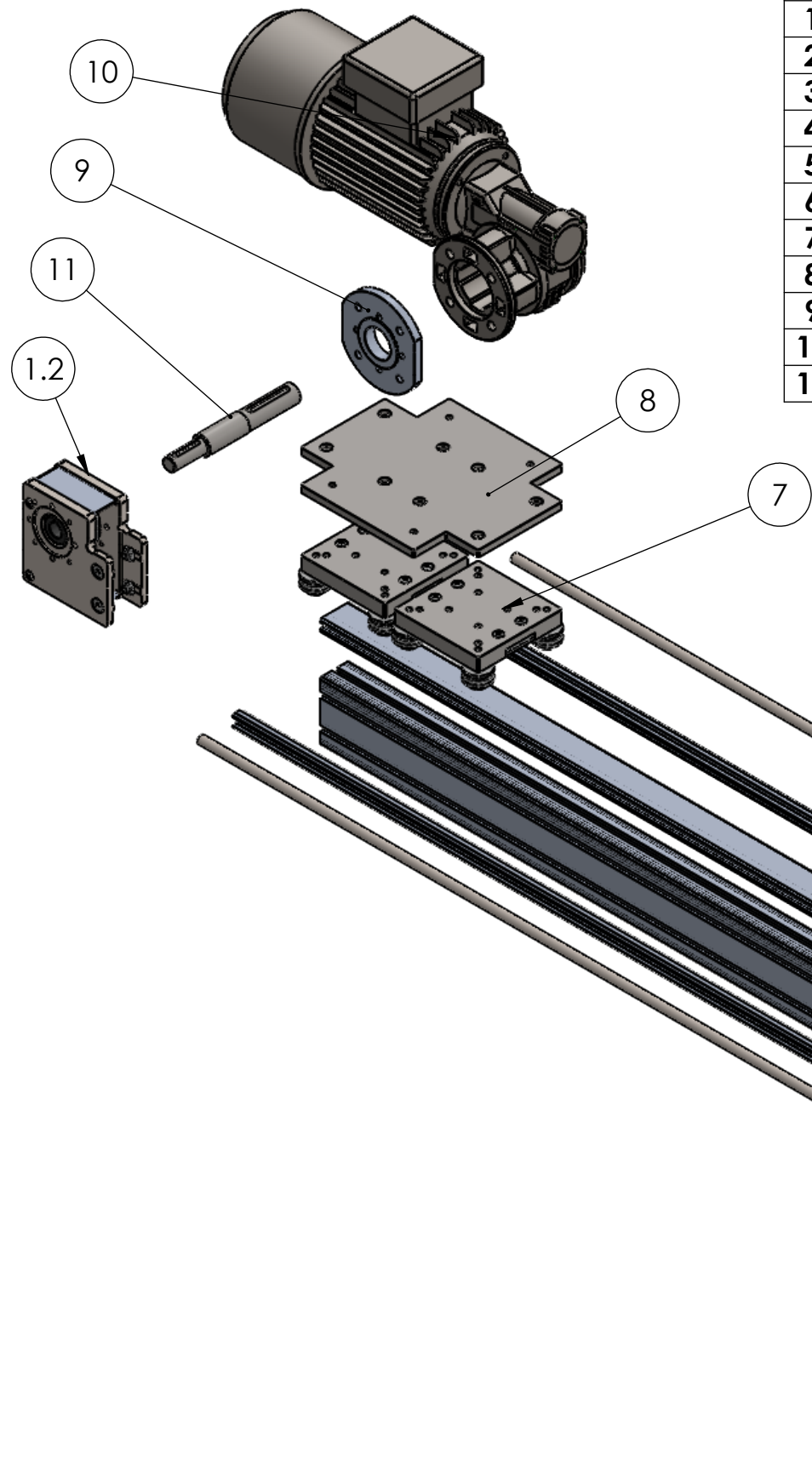
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ
			REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1
			PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Y SERVO
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	DATA	14/Abril/2018
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	DATA	16/Abril/2018
MATERIAL:		ESCALA:	1:7
OBSERVACIONS:		No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius	
		QUANTITAT:	1
		FORMAT:	A3

N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	800.040.201	CAPÇAL MOTRIU GUIA 45X90	SITALU					
2	1	800.040.202	CAPÇAL REENVIAMENT GUIA 45X90	SITALU					
3	1	084.101.004	PERFIL 18,5X45	SITALU	1700	4 REP.			
4	2	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1700				
5	2	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1700				
6	1	084.101.021	PERFIL 45X90	SITALU	1700				
7	1	800.040.203	CARRO GUIA 45X90	SITALU					2XM8
8	1	OK170001-01-0005	EIX MOTRIU X2 SERVO	ADN					




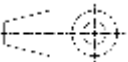
UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=16

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
				REFERÈNCIA: OP170001-01-0001.1	
				PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X1 SERVO	
DIBUIXAT PER: Àlex Paez Garcia		DATA: 14/Abril/2018		Nº DEL PLÀNOL: OK170001-02-0004	
COMPROVAT PER: Miguel Brigos		DATA: 16/Abril/2018		TRACTAMENT:	
MATERIAL:				ESCALA: 1:7	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:		No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

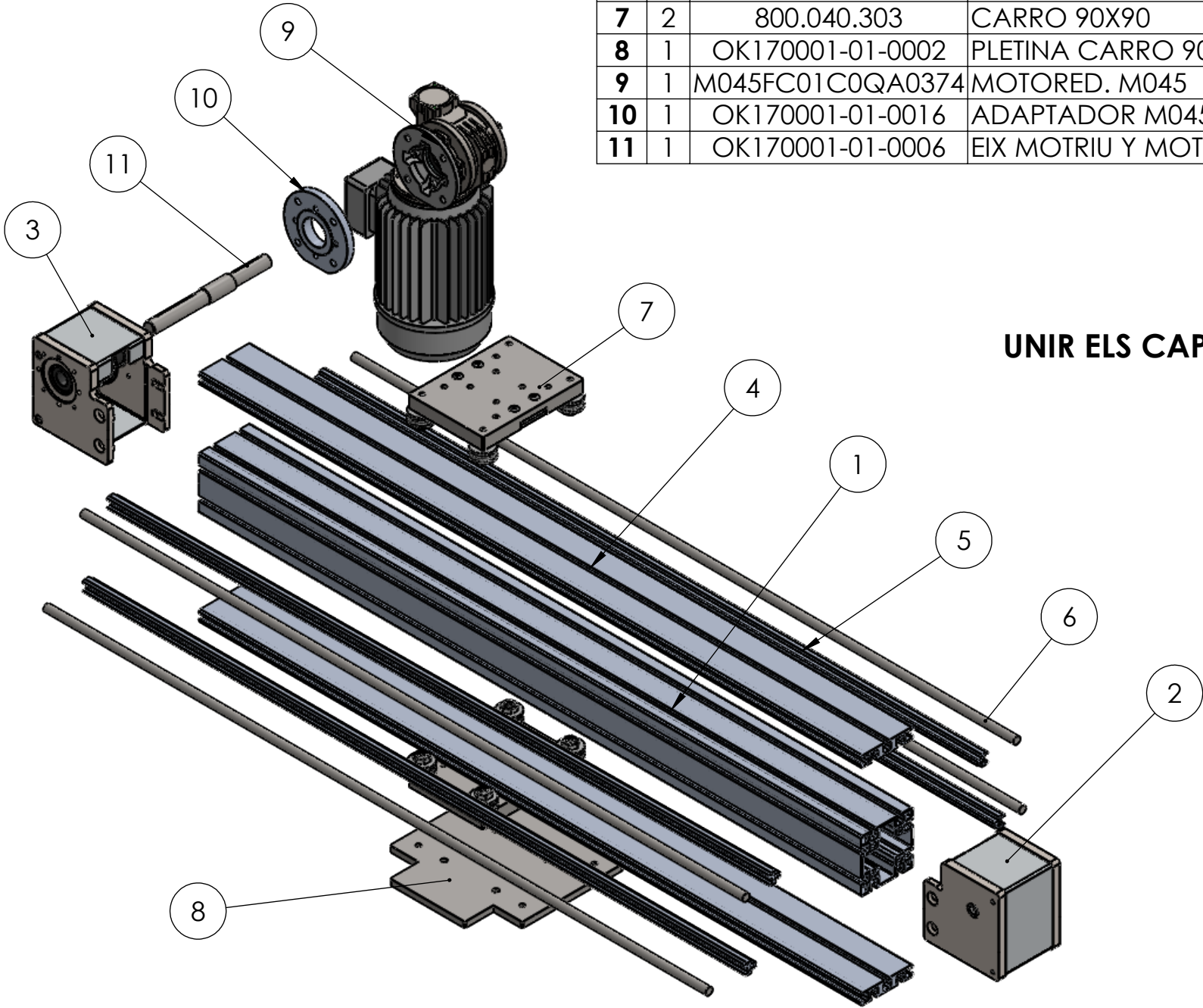


N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	800.040.201	CAPÇAL MOTRIU GUIA 45X90	SITALU					
2	1	800.040.202	CAPÇAL REENVIAMENT GUIA 45X90	SITALU					
3	1	084.101.004	PERFIL 18,5X45	SITALU	1700	4 REP.			
4	2	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1700				
5	2	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1700				
6	1	084.101.021	PERFIL 45X90	SITALU	1700				
7	2	800.040.203	CARRO GUIA 45X90	SITALU					4XM8
8	1	OK170001-01-0003	PLATINA CARRO 45X90	TEKINOX					
9	1	800.040.014	ADAPTADOR M050	SITALU					
10	1	M050FC01C0-RV5-	MOTOREDUCTOR M050 FC	TRAITEC					
11	1	OK170001-01-0011	EIX MOTRIU Z MOTORED.	ZAMEC					


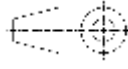
UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=16

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1
			PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Z MOTORED.
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	DATA	14/Abril/2018
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	DATA	16/Abril/2018
MATERIAL:		ESCALA:	1:7
OBSERVACIONS:		No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius	
		QUANTITAT:	1
		FORMAT:	A3

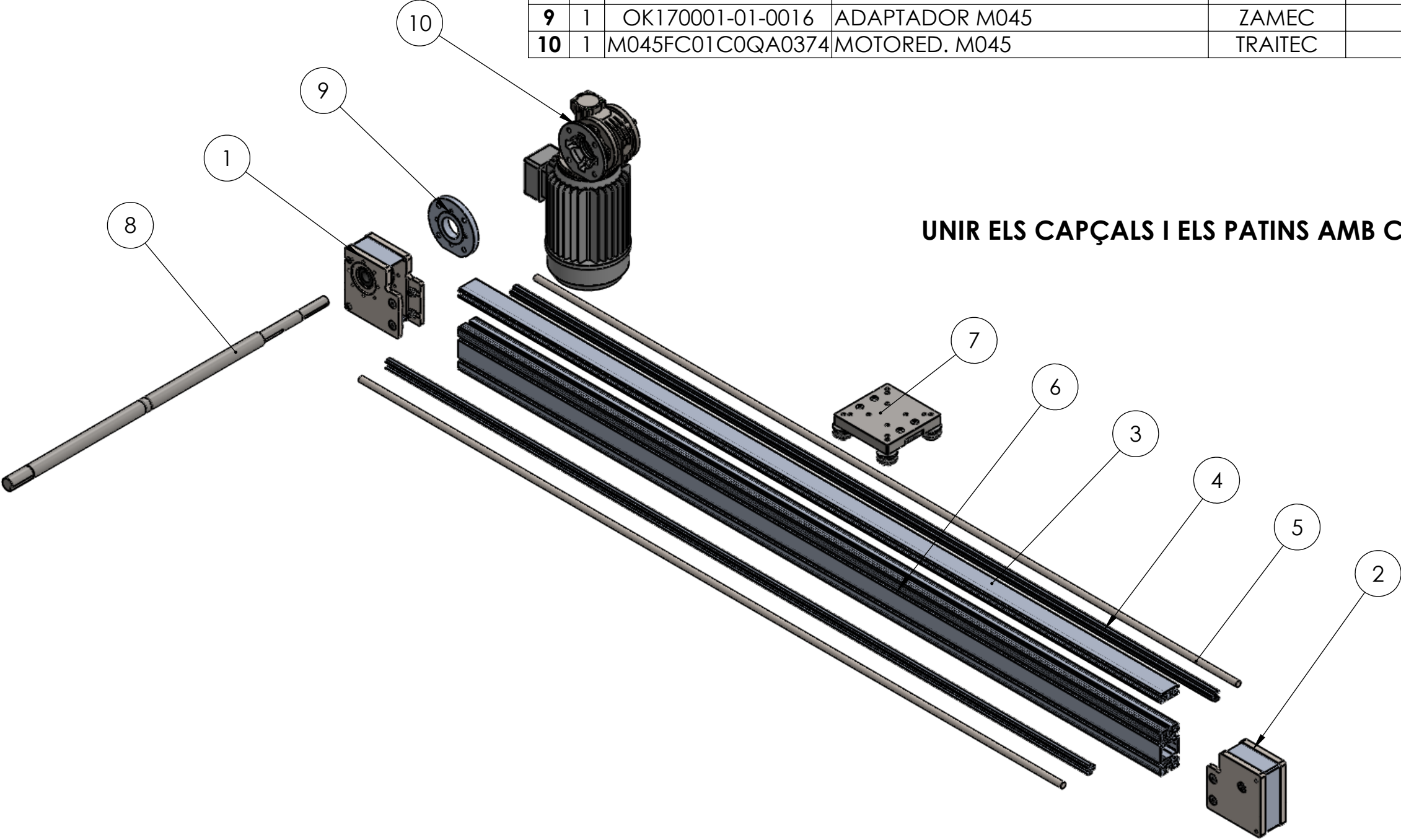
N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	084.101.024	PERFIL 90X90	SITALU	1149				
2	1	800.040.302	CAPÇAL REENVIAMENT 90X90	SITALU					2XM6
3	1	800.040.301	CAPÇAL MOTRIU 90X90	SITALU					2XM6
4	2	084.101.006	PERFIL 18,5X90	SITALU	1149	4 REP.			
5	4	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1149				
6	4	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1149				
7	2	800.040.303	CARRO 90X90	SITALU					4XM8
8	1	OK170001-01-0002	PLETINA CARRO 90X90	TEKINOX					
9	1	M045FC01C0QA0374	MOTORED. M045	TRAITEC					
10	1	OK170001-01-0016	ADAPTADOR M045	ZAMEC					
11	1	OK170001-01-0006	EIX MOTRIU Y MOTORED.	ADN					




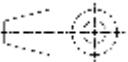
UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=25

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 		PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
				REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
		NOM	DATA	PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL Y MOTORED.	
DIBUIXAT PER:		Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-02-0006	
COMPROVAT PER:		Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:				ESCALA: 1:7	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:		No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

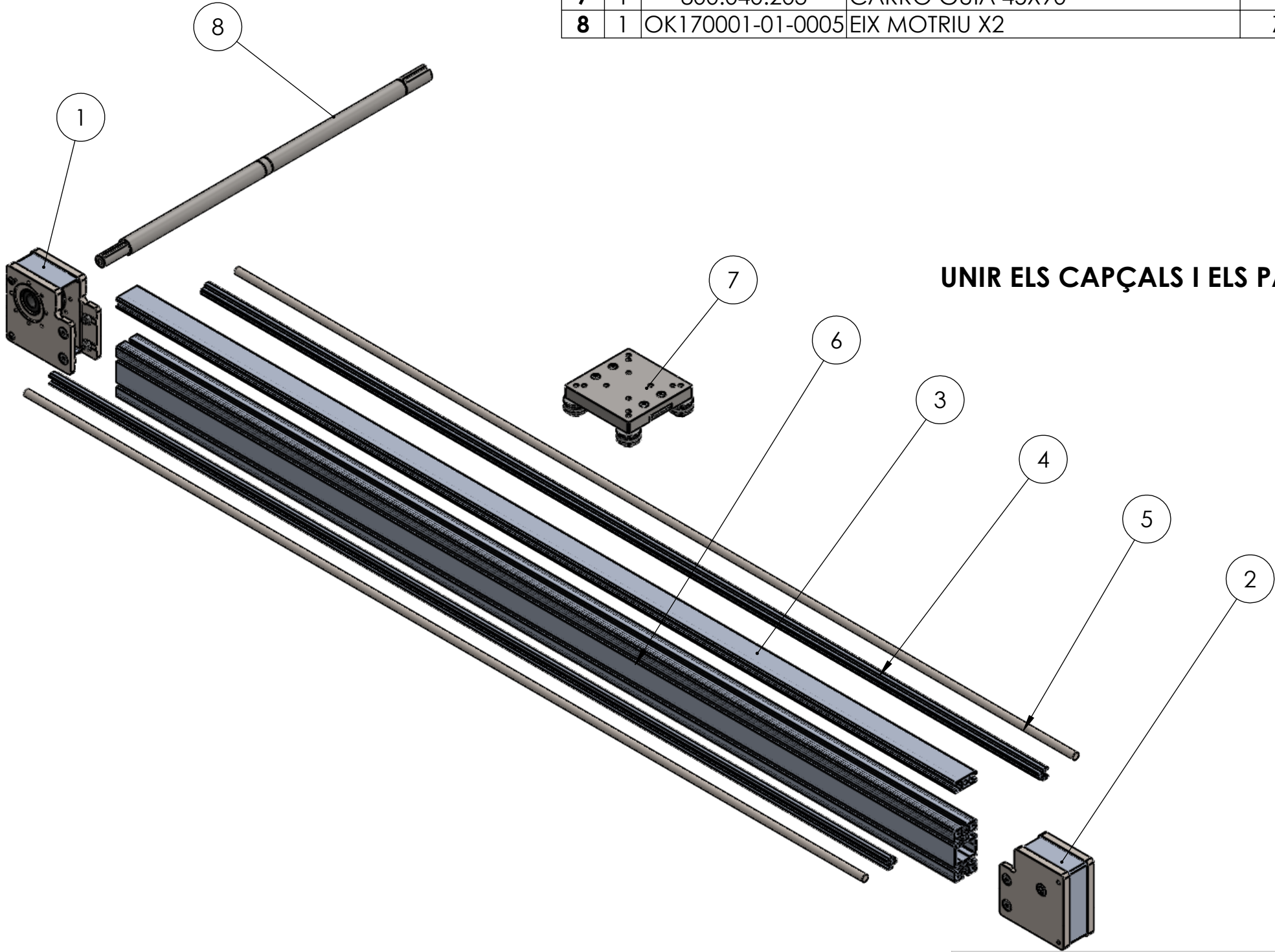
N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	800.040.201	CAPÇAL MOTRIU GUIA 45X90	SITALU					
2	1	800.040.202	CAPÇAL REENVIAMENT GUIA 45X90	SITALU					
3	1	084.101.004	PERFIL 18,5X45	SITALU	1700	4 REP.			
4	2	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1700				
5	2	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1700				
6	1	084.101.021	PERFIL 45X90	SITALU	1700				
7	1	800.040.203	CARRO GUIA 45X90	SITALU					2XM8
8	1	OK170001-01-0004	EIX MOTRIU X1 MOTORED.	ADN					
9	1	OK170001-01-0016	ADAPTADOR M045	ZAMEC					
10	1	M045FC01C0QA0374	MOTORED. M045	TRAITEC					




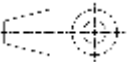
UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=16

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ	
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1	
			PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X1 MOTORED.	
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL:	OK170001-02-0007
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:	
MATERIAL:			ESCALA:	1:8
			QUANTITAT:	1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius			FORMAT: A3

N.º	UD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	LONGITUD	DOBLE Ø	Ø7	ROSCA M8	VARIOS
1	1	800.040.201	CAPÇAL MOTRIU GUIA 45X90	SITALU					
2	1	800.040.202	CAPÇAL REENVIAMENT GUIA 45X90	SITALU					
3	1	084.101.004	PERFIL 18,5X45	SITALU	1700	4 REP.			
4	2	084.529.001	SUPORT BARRA Ø12	SITALU	1700				
5	2	800.040.018	BARRA Ø12	SITALU	1700				
6	1	084.101.021	PERFIL 45X90	SITALU	1700				
7	1	800.040.203	CARRO GUIA 45X90	SITALU					2XM8
8	1	OK170001-01-0005	EIX MOTRIU X2	ZAMEC					



UNIR ELS CAPÇALS I ELS PATINS AMB CORRETJA DENTADA AT10 L=16

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		PROJECCIÓ 	PROJECTE: DISSENY D'UN PALETITZADOR CARTESIÀ
			REFERÈNCIA: OP170001-00-0001.1
			PEÇA: MUNTATGE ACTUADOR LINEAL X2 MOTORED.
DIBUIXAT PER:	Àlex Paez Garcia	DATA 14/Abril/2018	Nº DEL PLÀNOL: OK170001-02-0008
COMPROVAT PER:	Miguel Brigos	16/Abril/2018	TRACTAMENT:
MATERIAL:		ESCALA: 1:7	QUANTITAT: 1
OBSERVACIONS:	No deduir cotes per medició directa del plànol Pulir cantonades per no deixar caires vius		FORMAT: A3